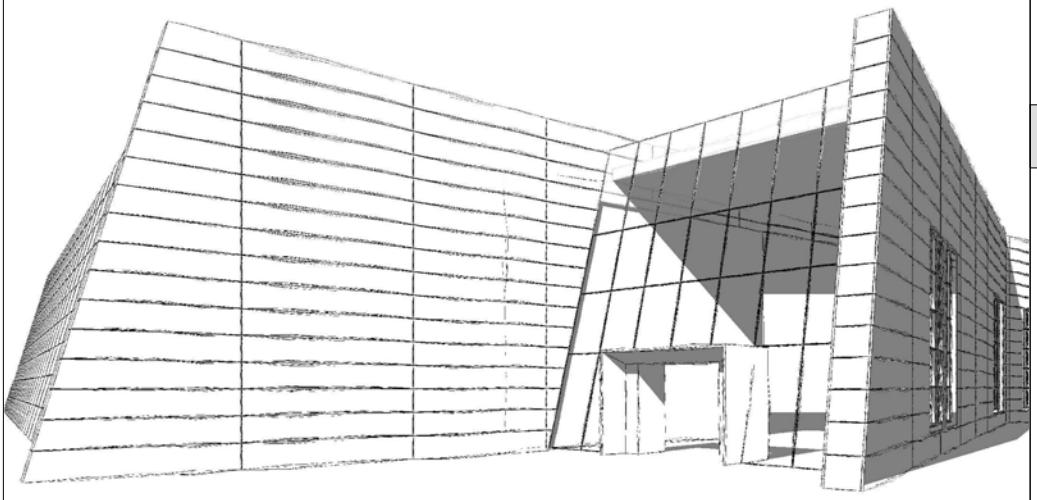
COMUNE DI PONTE SAN PIETRO (BG)



VERIFICA DI OTTEMPERANZA

OGGETTO

"Ottemperanza alle prescrizioni 1-10 del Decreto MASE VIA 0000592 del 06-10-2025 ai sensi dell'art. 28 del D.Lgs, 152/2006

Progetto del Polo Tecnologico Aruba Spa costituito da DataCenter che prevede l'installazione di gruppi elettrogeni di emergenza, alimentati a gasolio (potenza termica nominale totale pari a 297,375 MWt)".

3 - SUOLO

3A

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:	DATA:
-	18/02/2026

ENTE PREPOSTO

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

SOGGETTI COINVOLTI

Proponente

Aruba S.p.a.
Via S.Clemente n. 53
24036 Ponte S. Pietro (BG)

Progettisti

Alvea S.r.l.
Via Elia Lombardini 13
20143 Milano

LUONI LUCA
19.02.2026 17:08:25
GMT+01:00

STUDIO LUONI
GEOLOGIA
consulenze e servizi

ARUBASTUDIO S.r.l.
Loc. Palazzetto, 4
52011 Bibbiena (AR)

NUOVI INTERVENTI EDILIZI PRESSO SITO ARUBA
IN COMUNE DI PONTE SAN PIETRO (BG)
VIA SAN CLEMENTE n°53

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3)

ai sensi del D.M. 17.01.18 e D.G.R. IX/2616 del 30.11.11

Data: 08/10/2025
Rev.1

Firma

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
LUCA LUONI
geologo specialista
Albo n. 1052 AP
sezione A

STUDIO LUONI GEOLOGIA - CONSULENZE E SERVIZI
Via Torino, 12 - 210152 Busto Arsizio (VA) - T. 0331.670987 - F. 0331.1356585 - M. 347.4663005
info@studiogeologialuoni.it - www.studiogeologialuoni.it

SOMMARIO

1. PREMESSA 2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 4
3. CONDIZIONI GEMORFOLOGICHE LOCALI 5
4. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE LOCALI 7
5. FATTIBILITA' GEOLOGICA 9
6. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA E SISMICA 12
   6.1 Generalità 12
   6.2 Prove penetrometriche dinamiche 13
   6.3 Sondaggi geognostici 14
   6.4 Prove Masw 17
   6.5 Scavi esplorativi 18
7. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO 20
8. ANALISI DELL'AZIONE SISMICA 23
   8.1 Generalità 23
   8.2 Tipologie di approfondimento sismico ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/11 24
   8.3 Analisi di pericolosità sismica di secondo livello 25
   8.4 Analisi delle azioni sismiche ai sensi del D.M. 17.01.2018 28
9. VALUTAZIONI SULLA PROPENSIONE ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 32
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 33

APPENDICE

- *Elaborati grafici*

  Tav.1 – Ubicazione punti di indagine sismica e geognostica
  Tav.2a – Sezione geotecnica Falegnami
  Tav.2b – Sezione geotecnica Villa-Magazzino
  Tav.2c – Sezione geotecnica Edificio ex Marine
  Tav.2d – Sezione geotecnica Edificio ex Marine
  Tav.3 – Carta geomorfologica

- *Grafici prove penetrometriche dinamiche*
- *Prove masw*
- *Stratigrafie*
- *Prove di permeabilità*
- *Documentazione fotografica*
- *Parametri geotecnici*

1. PREMESSA

La Società *Arubastudio S.r.l.* ha incaricato il sottoscritto per la predisposizione della relazione geologica a supporto del progetto di nuovi interventi edilizi presso il sito Aruba di Ponte San Pietro (Bg), previsti in corrispondenza dei seguenti edifici esistenti:

- *Edificio 1*, denominato "*ex-falegnami*";
- *Edificio 2*, denominato "*villa*";
- *Edificio 3*, denominato "*magazzino*";
- *Edificio 4*, denominato "*edificio ex Marine*".

Il presente documento tecnico sviluppa le tematiche richieste dalla normativa vigente, fornendo le indicazioni necessarie per la progettazione geotecnica.

La *Relazione Geologica* (R1 – R3) viene pertanto redatta:

- ai sensi della *D.G.R. IX/2616* del *30/11/11*, in quanto verifica la fattibilità geologica dell'intervento proposto e le prescrizioni contenute all'interno del Piano delle Regole del P.G.T. comunale, in relazione ai fattori di pericolosità individuati per l'area in esame;

- ai sensi del *D.M. 17.01.18 (nuove NTC 2018)*, in quanto fornisce il modello geologico necessario per le verifiche geotecniche, con descrizione del volume significativo di sottosuolo per le considerazioni riguardanti il dimensionamento fondazionale.

Le verifiche e le considerazioni contenute nella presente si sono basate sulle risultanze di una indagine geognostica e sismica eseguita in corrispondenza dei quattro siti in esame e consistita nell'esecuzione di:

- *n°12 prove penetrometriche dinamiche continue* (SCPT) sino alla condizione di rifiuto meccanico all'avanzamento della punta;

- *n°3 scavi esplorativi per verifica della stratigrafia locale e delle fondazioni esistenti lungo la parete di valle dell'edificio a (ex-falegnameria)*;

- *n°2 sondaggi a carotaggio continuo* spinti sino a -15 m di profondità rispetto al piano campagna, con esecuzione di prove SPT in foro e prove di permeabilità LEFRANC, in fase di avanzamento;

- *n°2 prove sismiche MASW*, per la definizione della categoria dei suoli ai fini sismici.

Le considerazioni e le elaborazioni effettuate sono state basate, oltreché sui risultati delle prove in situ, anche sui contenuti della componente geologica, idrogeologica e sismica redatta a supporto del Piano di Governo del Territorio del Comune di Ponte San Pietro.

Si osservi la posizione dell'area in esame nelle foto aerea di *Fig.1*.

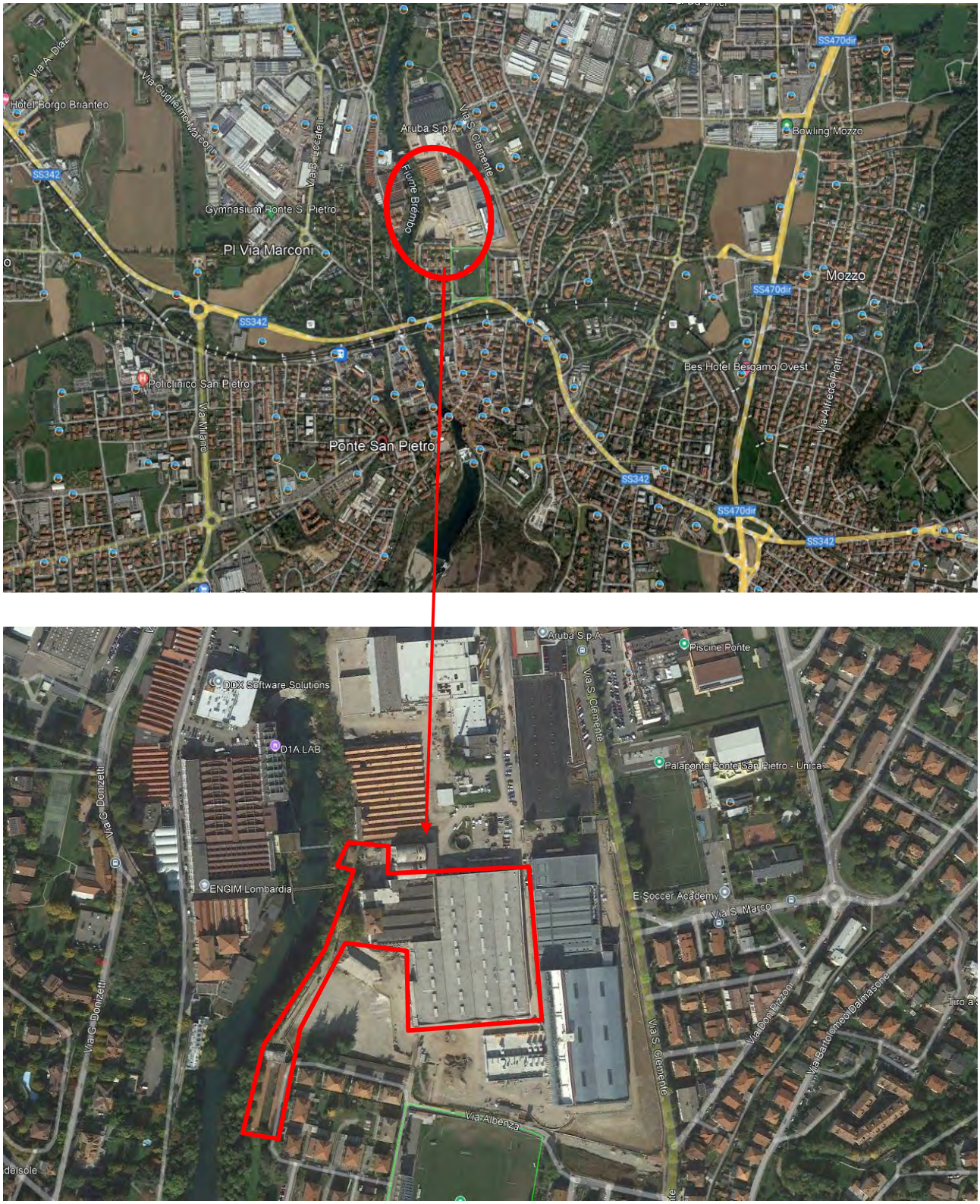


Figura 1 - Area di intervento da foto aerea (Google Earth).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Ponte San Pietro è ubicato nel settore centro-occidentale della Provincia di Bergamo, all'interno di un'area sub-pianeggiante con quote variabili da circa 230 m a 240m s.l.m., attraversata in direzione nord-sud dall'asta del Fiume Brembo.
Presenta terreni di natura alluvionale e fluvioglaciale, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, oggi relativamente antropizzati.

Da un punto di vista geologico, l'intero territorio di Ponte San Pietro presenta i tipici caratteri geolitologici dell'alta pianura bergamasca ed è costituito da *depositi fluviali e fluvioglaciali* di natura prevalentemente ghiaioso - sabbiosa, derivanti soprattutto dall'azione di trasporto e deposito del Fiume Brembo, distinti in *depositi fluvioglaciali fluviali recenti e attuali*.
I primi sono tipicamente caratterizzati da una granulometria prevalentemente ghiaioso - sabbiosa, con diverso grado di alterazione superficiale, dei quali fa parte l'Unità del Ceppo del Brembo, che affiora lungo il tratto incassato dello stesso fiume.
I secondi (depositi fluviali recenti e attuali) mostrano una prevalente granulometria ghiaioso - ciottoloso - sabbiosa; essi sono presenti lateralmente e lungo gli alvei dei corsi d'acqua.

L'area oggetto di indagine ricade in particolare all'interno dei depositi facenti parte dell'unità del *Ceppo del Brembo*, unità conglomeratica a prevalente supporto clastico, talora al limite tra supporto clastico e di matrice, con ciottoli arrotondati e sub arrotondati con diametro medio a valori attorno ai 10 cm e, negli affioramenti più meridionali, di 2÷3 cm. Le evidenze dirette acquisite tramite i sondaggi geognostici confermano tale condizione.

Dal punto di vista morfologico si può osservare che l'area di indagine ricade in un ambito sub-pianeggiante posto nelle vicinanze o in adiacenza al ciglio di scarpata corrispondente alla sponda sinistra del Fiume Brembo, principale elemento geomorfologico del territorio comunale, le cui considerazioni geomorfologiche di dettaglio verranno espresse nel § 3.

La composizione litologica del sottosuolo determina pertanto un comportamento geotecnico dei terreni di fondazione del tipo *incoerente*, tale da far prevedere una resistenza al taglio in condizioni drenate e cedimenti di tipo istantaneo, con assenza delle componenti secondarie differite nel tempo per consolidazione.

In *Fig.2* si propone un estratto della carta geologica desunta dallo studio geologico, idrogeologico e sismico per il Piano di Governo del Territorio del Comune di Ponte San Pietro.

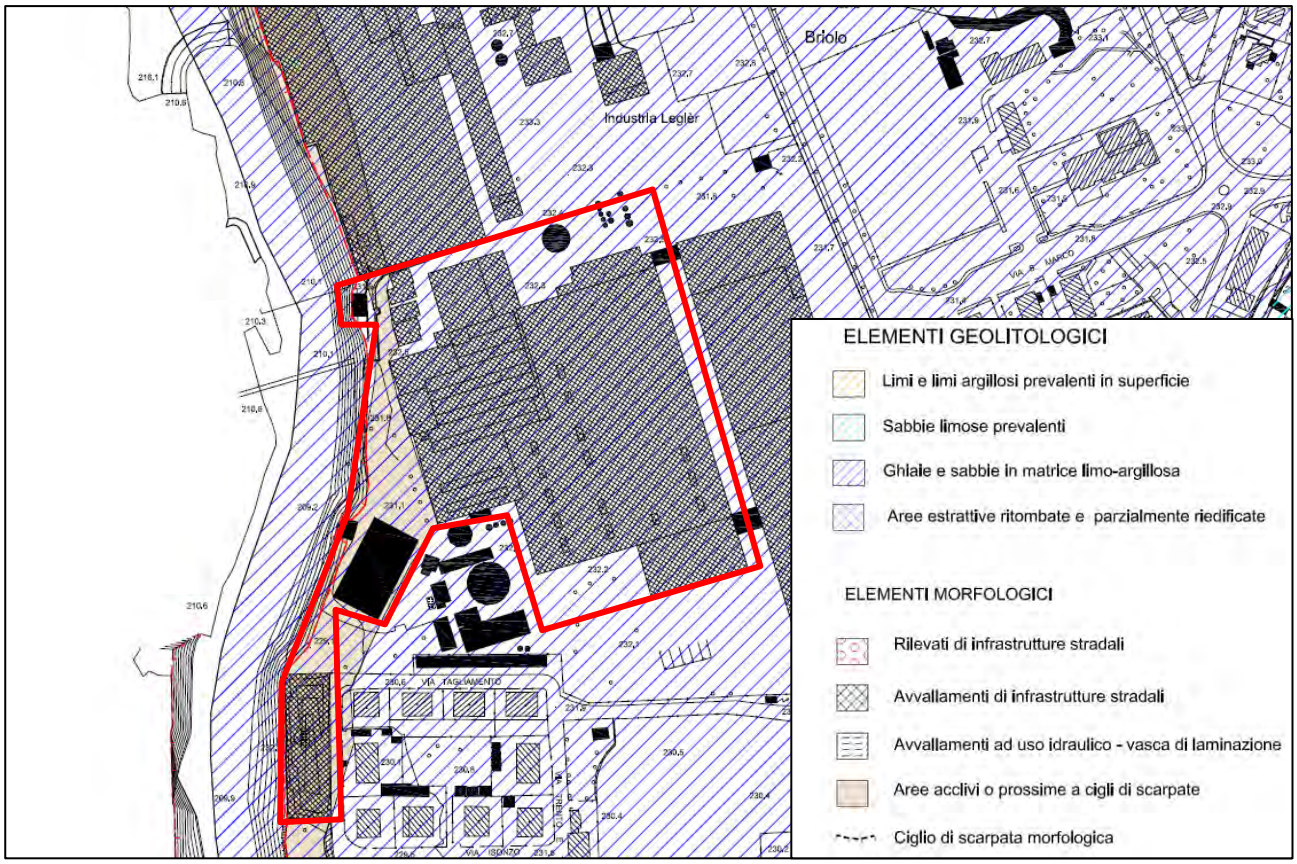


Figura 2 - Estratto carta geologica da studio geologico per il PGT.

3. CONDIZIONI GEMORFOLOGICHE LOCALI

L'estrema vicinanza degli edifici 1, 2 e 3 al ciglio della scarpata fluviale, che presenta acclività molto elevata e altezza mediamente pari a 20 m, comporta la necessità di valutare le condizioni morfologiche della stessa e possibili ripercussioni sulla stabilità dei fabbricati.
È stato pertanto effettuato un rilievo diretto di tutti gli elementi utili alle valutazioni riguardanti lo stato di attività dei dissesti e la loro pericolosità, al fine di escludere o prevedere sistemi per la messa in sicurezza dei sistemi "terreni-fondazioni".

Le condizioni della scarpata orientale del Fiume Brembo e delle dinamiche fluviali in atto sono state verificate tramite rilievi degli elementi geomorfologici in corrispondenza di alcuni punti di osservazione presenti lungo il ciglio occidentale e dal ponticello di collegamento delle due sponde esistente.

Il tratto di Fiume Brembo di interesse ai fini geologici e geotecnici risulta particolarmente inciso all'interno della topografia locale con un alveo di larghezza pari a circa 30÷35m e scarpate estremamente acclivi alte all'incirca 20 m.

A monte dell'area interessata risulta presente uno sbarramento fluviale artificiale, realizzato per la centrale idroelettrica; verso valle si osservano invece deboli meandri del corso fluviale, con una prima concavità verso ovest ed una seconda verso est.

Gli elementi evidenziati mostrano specifici elementi che influenzano l'idrodinamica fluviale e la morfologia delle sponde dell'alveo.

In particolare, al piede della scarpata sono presenti le seguenti forme morfologiche attive principali dovute all'azione fluviale:

- accumuli di corpi di frana per crollo e ribaltamento di materiale conglomeratico, staccatisi dalla parete per l'incessante azione erosiva delle acque di scorrimento, proprio in corrispondenza dei tratti con maggiore energia fluviale e maggiori acclività;
- barre di meando con accumulo di materiale fine depositato dalla corrente fluviale in corrispondenza delle aree caratterizzate da minore energia fluviale.

Lungo la sponda orientale, in adiacenza al sito di indagine, sono state osservate, da monte verso valle, dapprima corpi di frana corrispondenti al primo cambio di direzione dell'asta fluviale, successivamente barre di meandro molto allungate e strette corrispondenti al secondo cambio di direzione dell'asta fluviale.

Si evidenzia così un'area in erosione attiva che caratterizza l'area proprio in corrispondenza del tratto posto a valle dell'edificio "magazzino" (edificio 3); la presenza dei grossi blocchi franati costituiscono una scogliera naturale che consente di limitare l'azione erosiva, come possibile osservare nella documentazione di figura seguente e nella *Tav.3* proposta in appendice.

In base all'attuale conformazione morfologica delle scarpate e alle evidenze dei dissesti in atto, considerata la posizione degli edifici in esame, non sono da prevedere interventi di consolidamento del versante.
Nella relazione geotecnica saranno definite le migliori tipologie fondazionali, anche nell'ottica della stabilità delle porzioni di edificio poste più a ridosso del ciglio.

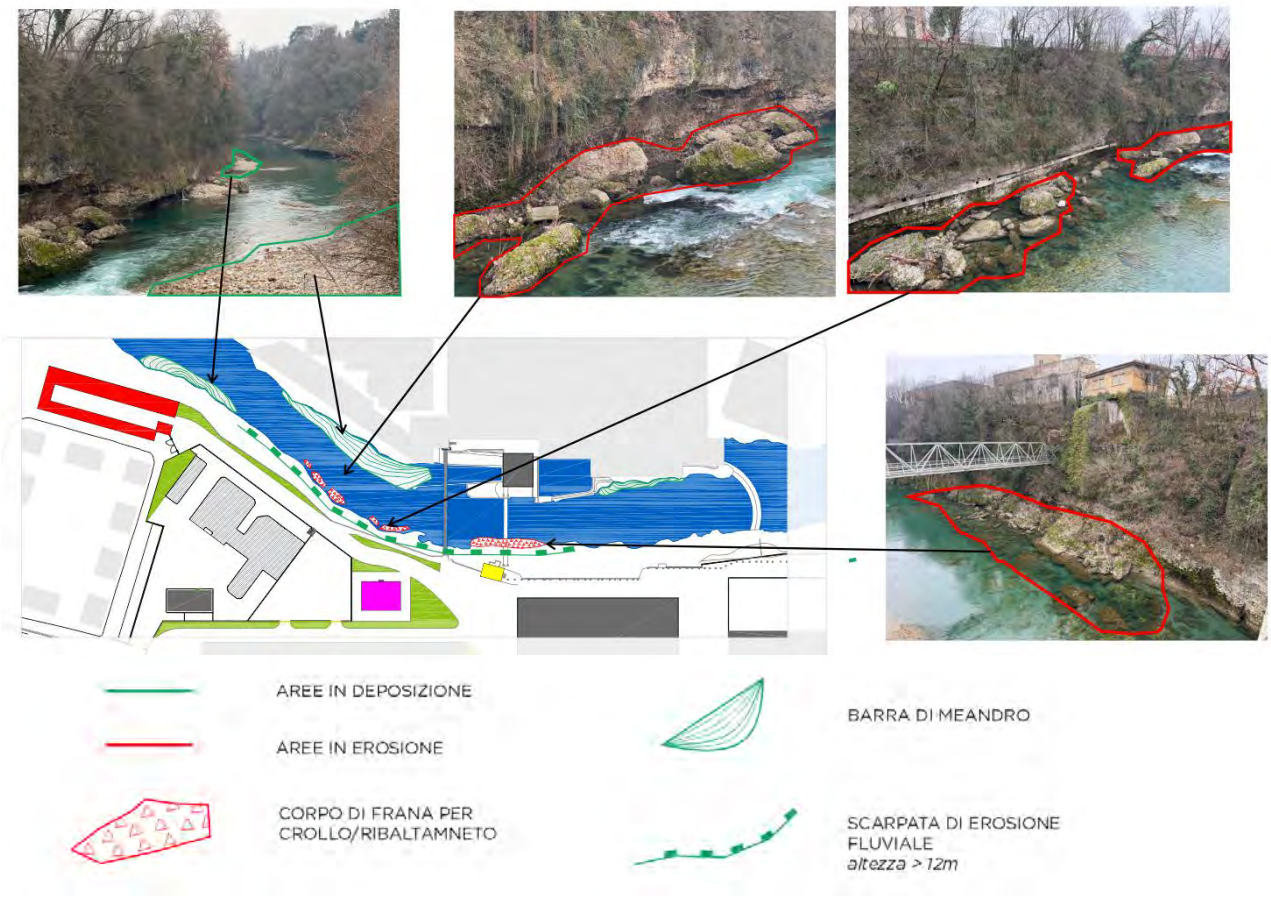


Figura 3 – schema ddelle dinamiche geomorfologiche in atto nella sezione del Fiume Brembo lungo il sito in esame.

4. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE LOCALI

La struttura idrogeologica del sottosuolo viene ricostruita in base all'analisi delle stratigrafie dei pozzi comunali ed alla consultazione di studi idrogeologici effettuati sul territorio comunale (a livello locale e regionale).
Il sottosuolo può quindi essere suddiviso in una serie di unità sovrapposte, di seguito descritte.

A - Unità a ghiaie e sabbie
Si tratta di depositi prevalentemente sciolti costituiti da ghiaie poligeniche anche grossolane e sabbie con intercalati sottili livelli di sabbie/sabbie limoso-argillose. Locali e discontinue lenti argillose possono favorire la presenza di falde sospese. Lo spessore di quest'unità varia tra i 30 e i 40 metri.

B – Unità ghiaioso-sabbioso-limosa
L'unità è costituita da ghiaie e sabbie molto alterate in superficie e perciò passanti spesso a limi e argille, di spessore variabile tra 30 e 40 metri. Questa unità, che rappresenta il substrato degli acquiferi superficiali più produttivi, riveste scarsa importanza

idrogeologica, costituendo un livello non saturo; i dati idrogeologici disponibili sono pertanto scarsi; tuttavia, l'importanza di questi depositi è notevole in quanto, essendo caratterizzati da granulometria mediofine, costituiscono una discreta protezione per la falda sottostante contribuendo a diminuire la vulnerabilità dell'acquifero.

C - Unità a conglomerati – Ceppo del Brembo
Caratterizzato da alternanze di conglomerati compatti e fratturati, sabbie, arenarie e rare ghiaie, con scarse intercalazioni argillose. L'acquifero del "Ceppo" è la principale roccia serbatoio dell'area regionale di considerazione; essa contiene la falda libera che trova alimentazione in prevalenza dall'afflusso per infiltrazione delle acque meteoriche, favorito dalla permeabilità caratteristica dei depositi fluvioglaciali sovrastanti, da quello della rete irrigua e in parte dai corsi d'acqua superficiali.

Questi depositi conglomeratici presentano una permeabilità variabile in base alla possibile fratturazione, presenza di cavità, dalla percentuale di fini e dal grado di cementazione.
Le lenti ghiaioso-sabbiose rappresentano corpi con un certo areale e discreto spessore risultando così corpi acquiferi molto produttivi. Lo spessore dell'unita conglomeratica risulta caratterizzato da una marcata eterogeneità litologica mostrando una variazione laterale delle caratteristiche idrauliche dell'acquifero che porta a rendimenti dei pozzi molto diversificati.
Considerato lo spessore saturo dell'unità, mediamente superiore a 50m, ne deriva che la potenzialità idrica del "Ceppo" risulti alquanto elevata.

D - Unità limoso-argillosa
Tale unità, la cui presenza non è costante, si sviluppa a partire dalla base dei conglomerati e va a suturare la sommità del substrato roccioso. Essa presenta intercalazioni ghiaiose o sabbiose che costituiscono acquiferi semi-confinati o confinati ospitanti falde in pressione poco produttive e captate dai pozzi più profondi.

Per quanto concerne l'area di indagine, considerato che la quota topografica media locale risulta pari a circa 231 m s.l.m., visto che la quota piezometrica della falda superficiale viene indicata alla quota di circa 210 m s.l.m., si evince che la soggiacenza risulta pari a circa 21 m.
I sondaggi geognostici eseguiti sino a 15 m di profondità non hanno infatti rilevato presenza di acqua.
Le linee isopiezometriche presentano, nell'intorno del sito in esame, orientazione all'incirca ENE-WSW con direzione del flusso idrico sotterraneo quindi verso i settori di SSE, condizionata dalla conformazione geomorfologica ed idrografica del territorio comunale.

Considerata la profondità della falda e le caratteristiche progettuali, viste anche le oscillazioni stagionali ed annuali, si escludono interferenze del pelo libero dell'acqua con la porzione di sottosuolo significativo per le fondazioni.

In *Fig.4* si riporta un estratto della carta idrogeologica desunta dalla componente geologica a supporto del P.G.T.

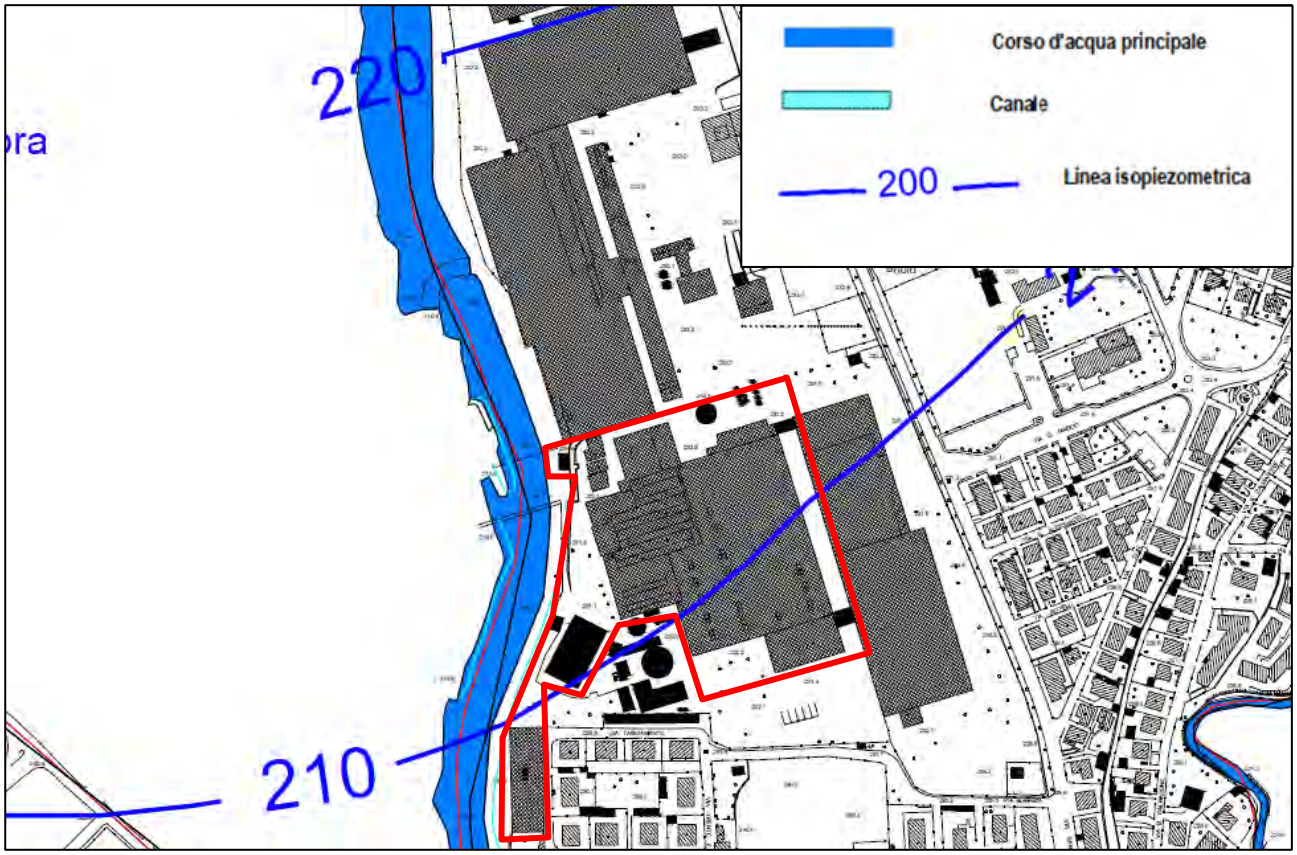


Figura 4 - Estratto carta idrogeologica da studio geologico per il PGT.

5. FATTIBILITA' GEOLOGICA

Lo studio geologico comunale per il P.G.T., redatto ai sensi della D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616 (Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.12" approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n.8/7374), inserisce le aree in esame, all'interno della *Classe 2*, *Classe 3a* e *Classe 4* della fattibilità geologica per le azioni di piano, a seconda della dislocazione dei fabbricati.

Nello specifico si osserva che:

- L'edificio 1 ("ex-falegnami") e l'edificio 2 ("villa") ricadono all'interno della Classe di fattibilità 3, contraddistinta da *consistenti limitazioni* all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione del territorio. Nell'ambito di tale classe sono previste limitazioni di carattere geomorfologico, in presenza di aree acclivi o prossime a scarpate acclivi. In tale classe rientrano le aree prospicienti ai cigli dei terrazzi morfologici (fascia con estensione laterale pari a 10 m dai cigli).

Si evidenzia anche la presenza della fascia di rispetto dei 10 m dall'orlo superiore della sponda del Fiume Brembo, all'interno della quale non è prevista la realizzazione di nuovi edifici. Il progetto di riqualificazione dell'edificio 1 non si configura come nuova costruzione e, pertanto, risulta compatibile con le Norme Geologiche di Piano.

- L'edificio 3 ("magazzino") risulta inserito in Classe 4 contraddistinta da gravi limitazioni di tipo idraulico (erroneamente la zona è inserita in ambito di esondazione PGRA, pur essendo ad una quota di +20 m circa rispetto alla piena di riferimento del Fiume Brembo, ma attualmente vige la disposizione contenuta nelle Norme Geologiche di Piano) per la quale sono previsti unicamente interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente limitatamente a manutenzioni ordinarie e straordinarie, sono inoltre ammesse opere di bonifica e di consolidamento e messa in sicurezza dei siti, previ appositi studi geologici e progettazioni.

- L'edificio 4 ("edificio ex Marine") risulta inserito in Classe 2 di fattibilità con *modeste limitazioni* all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso, non rilevando alcuna criticità di rilievo di tipo geologico, geotecnico, geomorfologico, idrogeologico e idraulico.

In generale si evidenzia che gli elementi potenzialmente penalizzanti sono quindi di carattere essenzialmente morfologico legati alle possibili interazioni tra fabbricati e la scarpata posta in sponda sinistra del Fiume Brembo.

Per le considerazioni riguardanti la fattibilità dell'opera occorre riferirsi anche alla "carta dei vincoli" (Cfr. *Fig.6*) contenuta all'interno della componente geologica, che comprende tutte le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico.
Da questa si evince l'assenza di qualsiasi vincolo di natura idrogeologica, non essendo presenti le fasce di rispetto dei pozzi sfruttati per gli scopi idrogeologici.

Per quanto attiene ai vincoli idraulici, come anticipato si segnala che:

- gli edifici oggetto di intervento prossimi al ciglio di scarpata del Fiume Brembo risultano inserite nella fascia PAI-PGRA P1/L a bassa pericolosità di alluvione, nonostante questi siano collocati sulla piana superiore che presenta quote topografiche di +20 m rispetto al fondo valle;
- l'edificio 1 ricade, nella sua porzione più prossima alla scarpata, all'interno della fascia di inedificabilità dei 10m del corpo idrico principale.

All'interno dei siti in esame non sono infine presenti vincoli ambientali o paesaggistici in genere che possano determinare limitazioni per i progetti in esame.

Alla luce di quanto esposto, considerando in particolare i seguenti aspetti:

- l'area in esame è stata inserita nell'ambito della *Classe 2*, *3a* e *4* di fattibilità geologica per le azioni di piano;
- il rilievo geologico e geomorfologico condotto nell'areale in esame ha escluso fattori di rischio, demandando alla relazione geotecnica l'individuazione di idonee soluzioni per la limitazione dei fattori di rischio connessi alle dinamiche geomorfologiche di versante per le aree o porzioni di aree che potrebbero avere interferenze con le stesse;
- i dati geotecnici locali risultano idonei per il ricorso a fondazioni di tipo diretto;

- Il sito oggetto di intervento ricade all'esterno delle fasce di esondazione dei corpi idrici superficiali ad esclusione della fascia pio occidentale del sito di indagine, la quale ricade nella fascia PAI-PGRA P1/L a bassa pericolosità di alluvione;
- la falda viene considerata a profondità superiori ai 21 m rispetto al piano campagna;

si dichiara che gli interventi e le opere previste risultano compatibili con le prescrizioni contenute all'interno dello studio geologico per il Piano di Governo del Territorio; la relazione geotecnica dovrà definire la scelta delle tipologie fondazionali più idonee per garantire la stabilità del sistema "terreno-fondazione" e la mitigazione dei rischi geomorfologici.

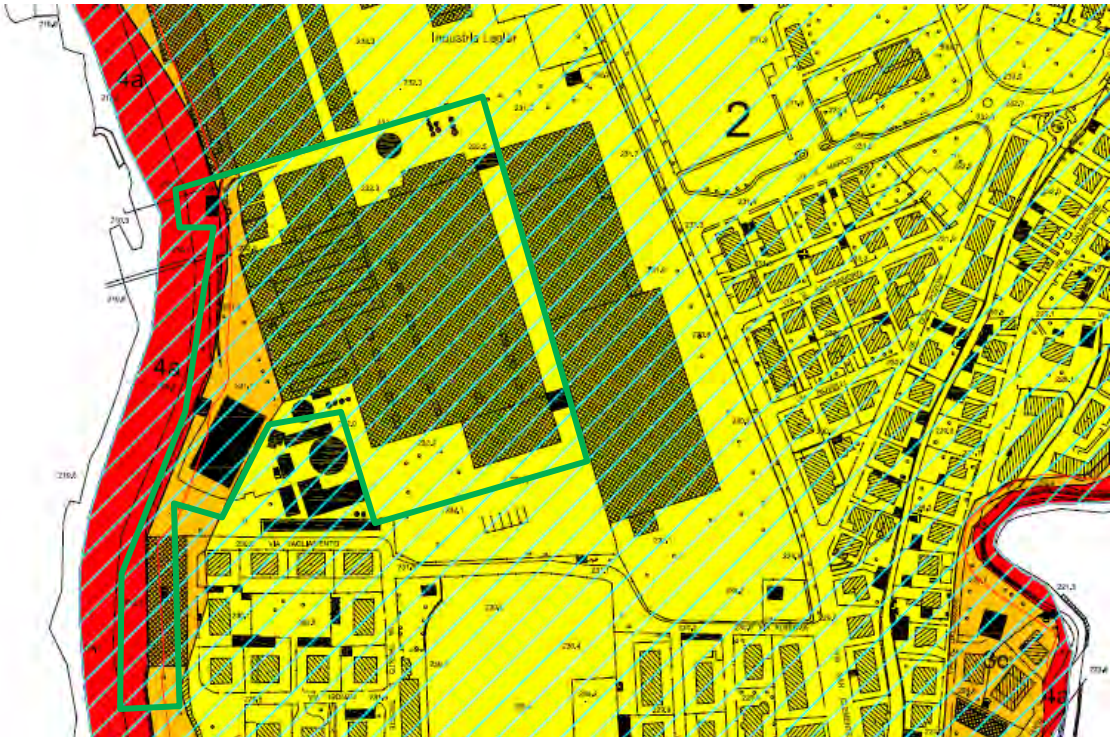


Figura 5 – Estratto carta di fattibilità geologica da studio geologico per il P.G.T.

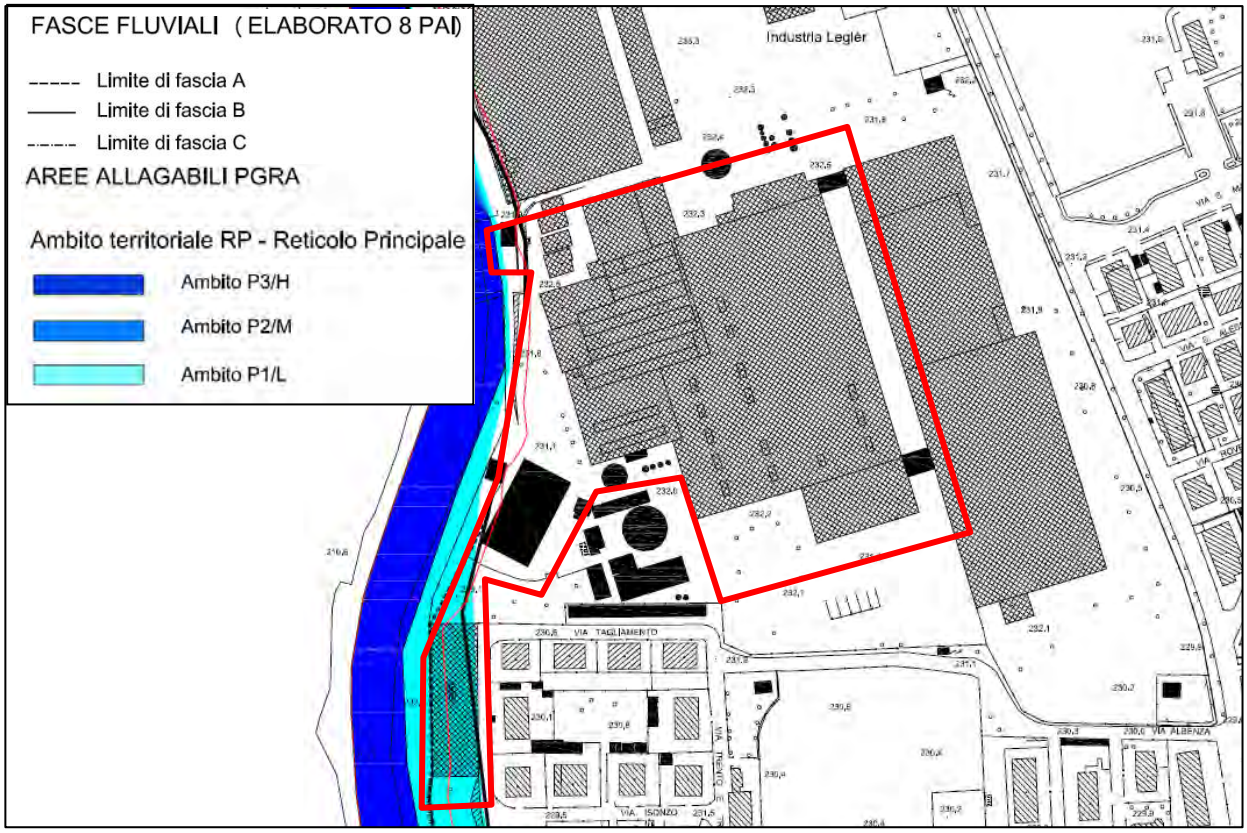


Figura 6 – Estratto carta dei vincoli da studio geologico per il P.G.T.

6. RISULTATI DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA E SISMICA

6.1 Generalità

Per la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione, si farà riferimento alle seguenti tipologie di prova eseguite in situ (si veda l'ubicazione di tutti i punti di indagine in *Fig.7* e *Tav.1* in appendice):

- *n°12 prove penetrometriche dinamiche continue* (SCPT) eseguite sino alla condizione di rifiuto meccanico all'avanzamento della punta;
- *n°2 sondaggi geognostici* a carotaggio continuo sino a 15m di profondità con esecuzione di prove SPT e LEFRANC in fase di avanzamento;
- *n° 3 scavi esplorativi* eseguiti con miniescavatore per la verifica della fondazione dell'edificio 1 posto nelle immediate vicinanze della scarpata del Fiume Brembo;
- *n°2 prove sismiche MASW*, per la definizione della categoria dei suoli ai fini sismici.

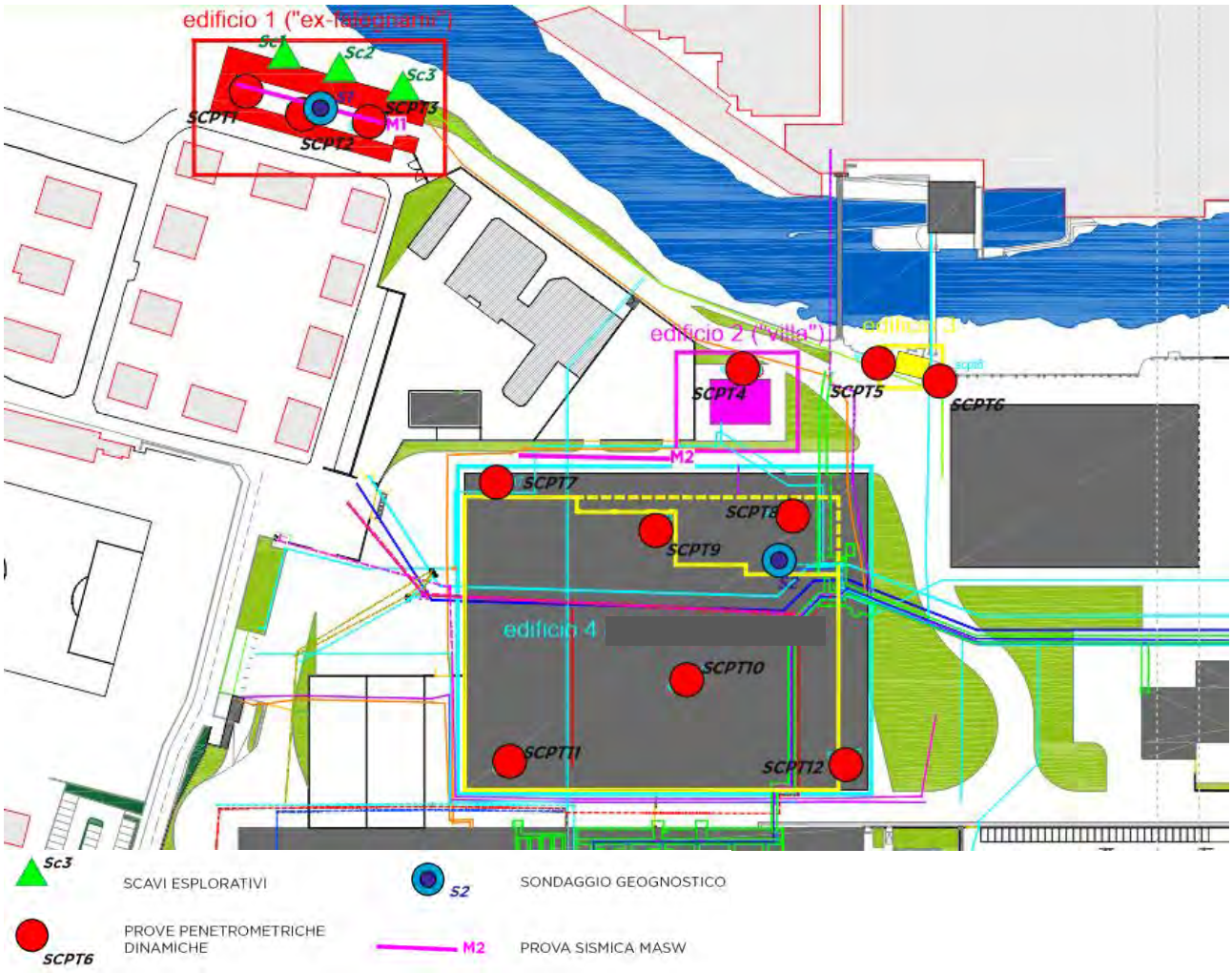


Figura 7 – ubicazione prove geognostiche e sismiche.

6.2 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche, codificate arbitrariamente SCPT1 ÷ SCPT12, sono state eseguite a partire dal piano campagna esistente e sono state interrotte a profondità variabili da -3.6 m a -4.5 m (Cfr. dettagli in *Tab.1*), in corrispondenza della situazione di rifiuto meccanico all'avanzamento della punta, individuato dal rimbalzo del maglio sulle aste senza alcun approfondimento ulteriore.
Tale condizione di rifiuto è da riferire alla presenza di terreno addensato e/o molto addensato (probabilmente di natura conglomeratica), come testimoniato dalla documentazione geologica e dalle evidenze di sondaggio geognostico.

Per i risultati delle prove e la relativa parametrizzazione geotecnica si veda l'apposita sezione in appendice; in *Tab.2* si propone una schematizzazione riassuntiva delle risultanze ottenute.

Prova	Profondità raggiunta da p.c.	Raggiungimento rifiuto
SCPT 1	-3.0 m	Si
SCPT 2	-1.5 m	Si
SCPT 3	-1.8 m	Si
SCPT 4	-1.8 m	Si
SCPT 5	-3.6 m	Si
SCPT 6	-3.9 m	Si
SCPT 7	-4.2 m	Si
SCPT 8	-2.7 m	Si
SCPT 9	-3.3 m	Si
SCPT 10	-2.4 m	Si
SCPT 11	-3.0 m	Si
SCPT 12	-3.3 m	Si

Tabella 1 - Dati di prova.

profondità	NScpt											
	SCPT1	SCPT2	SCPT3	SCPT4	SCPT5	SCPT6	SCPT7	SCPT8	SCPT9	SCPT10	SCPT11	SCPT12
[m]	n° colpi/piede											
0.3	5	5	14	18	2	3	34	21	6	25	4	10
0.6	5	6	4	10	3	3	16	14	31	51	36	21
0.9	3	5	21	11	4	4	10	6	23	19	25	21
1.2	2	18	24	18	4	2	16	3	14	9	11	17
1.5	4	100	37	33	3	5	9	4	7	8	7	9
1.8	7		100	100	7	6	21	7	5	28	9	5
2.1	7				11	8	18	7	2	50	8	5
2.4	4				9	12	24	23	9	100	33	6
2.7	23				8	11	17	100	19		58	21
3	100				15	8	15		47		100	47
3.3					31	15	19		100			10
3.6					100	33	27					
3.9						100	48					
4.2							100					

Tabella 2 - Risultati di prova.

6.3 Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici, codificati come S1 e S2, sono stati eseguiti tramite l'impiego di sonda idraulica, con tecnica a rotazione a carotaggio continuo e rivestimento delle pareti del foro.
La realizzazione dei sondaggi è stata necessaria per poter indagare l'intero volume significativo di sottosuolo ai fini del dimensionamento fondazionale, considerato l'arresto prematura delle prove determinato dal raggiungimento di un orizzonte superficiale di conglomerato.
Le caratteristiche geotecniche sono state determinate tramite esecuzione di prove SPT entro il foro in fase di avanzamento. Per definire la permeabilità dei terreni sono state eseguite prove Lefranc in corrispondenza dell'edificio 1, per il quale è previsto il rifacimento della rete di gestione delle acque meteoriche (a cura di altro professionista).

Stratigrafia locale

Le condizioni stratigrafiche locali vengono determinate dall'esame macroscopico delle cassette catalogatrici visualizzate in *Fig.8* seguente e nell'apposita documentazione fotografica in Appendice.

S1

S2

Figura 8 – Cassette catalogatrice dei sondaggi S1 ed S2.

I terreni indagati risultano costituiti prevalentemente da materiale incoerente con granulometria da media a grossolana e ciottoli anche di grandi dimensioni, in parte derivati dallo sgretolamento della crosta conglomeratica.
Gli orizzonti sabbioso-ghiaiosi risultano intercalati a livelli centimetrici, talora anche metrici, di conglomerato appartenente alla formazione del Ceppo.

Prove SPT

Durante le operazioni di carotaggio sono state eseguite *n°8 prove SPT* entro ciascuno dei due fori, nella porzione di sottosuolo posta inferiormente alla profondità massima di arresto delle prove penetrometriche dinamiche.
La prova è analoga alla prova penetrometrica dinamica descritta in precedenza, ma avviene in fase di avanzamento, a profondità predeterminate. Ciascuna prova si riferisce al valore della resistenza del terreno offerta per l'infissione di un tratto di 45cm (espresso con tre valori, riferiti a 15 cm ciascuno).
La prova giunge a rifiuto quando supera i 50 colpi per un avanzamento minore di 30 cm. Sono state eseguite alle profondità dettagliate in *Tab.3*, ove si riassumono anche i risultati ottenuti.

Nel caso specifico indagato è possibile osservare che tutte le prove SPT eseguite lungo le verticali di prova S1 e S2 evidenziano la condizione di rifiuto meccanico all'avanzamento della punta, confermando la presenza di terreni addensati e molto addensato sino alla profondità di 15m dal p.c., a partire di livelli di rifiuto individuati con le prove penetrometriche dinamiche.

SONDAGGIO	PUNTO DI PROVA	PROFONDITA'	VALORI	VALORE DI RESISTENZA SPT
S1	SPT1	4.5/4.95 m	Rifiuto	Rifiuto
	SPT2	6/6.45 m	Rifiuto	Rifiuto
	SPT3	7.5/7.95 m	Rifiuto	Rifiuto
	SPT4	9/9.45 m	Rifiuto	Rifiuto
	SPT5	10.5/10.95 m	Rifiuto	Rifiuto
	SPT6	12/12.45 m	Rifiuto	Rifiuto
	SPT7	13.5/13.95 m	Rifiuto	Rifiuto
	SPT8	15/15.45 m	Rifiuto	Rifiuto
S2	SPT1	4.5/4.95 m	36-25-37	Rifiuto
	SPT2	6/6.45 m	22-31-47	Rifiuto
	SPT3	7.5/7.95 m	18-Rifiuto	Rifiuto
	SPT4	9/9.45 m	19-32-43	Rifiuto
	SPT5	10.5/10.95 m	21-Rifiuto	Rifiuto
	SPT6	12/12.45 m	23-Rifiuto	Rifiuto
	SPT7	13.5/13.95 m	20-Rifiuto	Rifiuto
	SPT8	15/15.45 m	Rifiuto	Rifiuto

Tabella 3 – Risultati prove SPT.

Prove di permeabilità Lefranc

Le prove di permeabilità (codificate come K1, K2 e K3) sono state eseguite a carico variabile lungo la verticale del sondaggio S1 (edificio 1 – falegnami) hanno consentito di determinare la permeabilità dei terreni al di sopra del livello di falda (insaturo).

Le prove a carico variabile al di sotto del livello di falda si dividono in *prove di risalita* e *prove di abbassamento*. Le prove di risalita si eseguono abbassando il livello dell'acqua nel foro di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello. Le prove di abbassamento si eseguono riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello. Le prove di abbassamento possono essere eseguite anche nel terreno al di sopra del livello di falda; in questo caso il terreno deve essere preventivamente saturato.

Secondo le Raccomandazioni A.G.I. (1977), per le prove a carico variabile il coefficiente di permeabilità è dato dalla:

$$k = [A / C_L (t_2 - t_1)] \times \ln(h_1/h_2)$$

con
A = area di base del foro di sondaggio;
h1 e h2 = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t1 e t2;
t1 e t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2;

CL = coefficiente di forma dipendente dell'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.
Per il coefficiente CL sono suggeriti i seguenti valori:
L >> d CL = L
L≤ d CL = 2πd+L
dove L è la lunghezza del tratto di foro scoperto e d il diametro del foro.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle risultanze delle prove di permeabilità dalle quali è possibile ricavare un valore medio di permeabilità pari a circa 1.12 x 10^{-4} m/s.

Sondaggio	Prova Lefranc	Profondità da p.c.	Coefficiente di permeabilità K
S1	K1	1.5 m	1.43 x 10^{-4} m/s
	K2	3.0 m	6.75 x 10^{-5} m/s
	K3	6.0 m	1.26 x 10^{-4} m/s

Tabella 4 – riassunto delle risultanze delle prove di permeabilità.

K (m/s)		10^{1}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Granulometria	omogenea	Ghiaia				Sabbia		Sabbia molto fine			Silt		Argilla	
	varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia				Sabbia e argilla e limi						
Gradi di permeabilità		Elevata						Bassa					Nulla	
Tipi di formazioni		Permeabili						Semi-permeabili					Imper.	

Tabella 5 – valore medio del coefficiente di permeabilità.

6.4 Prove Masw

Le prove masw sono state eseguite allo scopo di ricavare il parametro V_S in maniera affidabile, così come richiesto dalla nuova normativa sismica. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze.
La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica. Questo metodo è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte.
L'apparecchiatura utilizzata per le prospezioni è costituita da una serie di 24 geofoni intervallati a 2 m che vengono spaziati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono. La registrazione, sia del momento dell'energizzazione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente in un unico diagramma (sismogramma). La sorgente di energia nel nostro caso è rappresentata da una mazza battente su una piastra posta ad una distanza che può essere variabile da 2 a 10 m rispetto all'ultimo geofono.

Le risultanze delle prove masw hanno portato a determinare, una Vs_{30} di 631 m/s e di 405 m/s tale da determinare una categoria di suolo di tipo B.
L'acquisizione di campagna è stata realizzata mediante sismografo le cui caratteristiche tecniche vengono riportate in dettaglio in appendice.
Di seguito vengono invece mostrate le fasi esecutive delle prove sismiche eseguite in sito.

Figura 9 – fasi esecutive prove masw.

6.5 Scavi esplorativi

Gli scavi esplorativi sono stati eseguiti per poter verificare le configurazioni fondazionali dell'edificio 1 ("ex-falegnami"), in corrispondenza del lato più prossimo alla scarpata fluviale.
Nello specifico sono state rilevate travi di fondazione con altezza pari a 40 cm e larghezza ipotizzata pari a 1m, avendo verificato la sporgenza di 40 cm verso l'interno dell'edificio (dalla parete esistente).
La quota di posa è risultata variabile tra i 90 ed i 140 cm da p.c., in relazione alla debole pendenza della superficie topografica che genera dislivelli nell'ordine di 1m.
La tipologia di terreno posto inferiormente alle travi risulta in linea con quanto atteso e osservato nel sondaggio geognostico S1.
Si rimanda alla documentazione fotografica in appendice per la visualizzazione del piede di fondazione e alle stratigrafie per la geometria delle travi.
Di seguito un esempio di quanto osservato.

Figura 10 – evidenze visive delle fondazioni esistenti presso edificio ex-falegnameria all'interno del contesto litologico in esame.

7. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

La parametrizzazione geotecnica dei terreni è stata eseguita in riferimento alle risultanze delle prove penetrometriche dinamiche e dei sondaggi geognostici (litologici e SPT), che hanno consentito di ricostruire il sottosuolo come un sistema:

- a tre strati principali (STRATO TIPO 1 – STRATO TIPO 2 – STRATO TIPO 3) sovrapposti e con spessori variabili, in corrispondenza della zona Edificio 1 ("ex Falegnami") ed Edificio 3 ("Magazzino");

- a due strati principali (STRATO TIPO 2 – STRATO TIPO 3) sovrapposti e con spessori variabili, in corrispondenza della zona Edificio 2 ("Villa") ed Edificio 4 ("edificio ex Marine");

Si vedano al riguardo le sezioni geotecniche riportate nelle apposite tavole in Appendice (*Tavv. 2a-2b-2c-2d*). Le caratteristiche degli strati individuati vengono sintetizzate di seguito.

Il ***primo strato*** *risulta* caratterizzato da terreni sabbioso-ghiaiosi contraddistinti da una resistenza penetrometrica dinamica (N_{scpt}) mediamente compresa tra ***3*** e ***5 colpi/piede***, valore che consente di classificare i terreni come allo stato poco addensato con scarse caratteristiche geotecniche, seppure non particolarmente penalizzanti. Il modello caratteristico del sottosuolo prevede uno spessore del primo strato pari a 2.4 m rispetto al piano campagna.

Nel ***secondo strato***, sempre caratterizzato da sabbie e ghiaie prevalenti con ciottoli, posto inferiormente al precedente, si riscontra un aumento della resistenza penetrometrica dinamica (N_{scpt}), che si attesta attorno a valori mediamente compresi tra ***8*** e ***15 colpi/piede***, indicativi della presenza di terreni allo stato moderatamente addensato con discrete caratteristiche geotecniche. Costituisce lo spessore pari a circa 1.2 m che funge da transizione verso gli orizzonti addensati sottostanti.

Nel **terzo** ***strato***, i terreni presenti sono allo stato addensato e/o molto addensato, contraddistinto da buone/molto buone caratteristiche geotecniche. Tale litozona corrisponde alla presenza del conglomerato (Ceppo) o ai livelli ciottoloso ghiaiosi molto addensati, con valori medi di N_{scpt} superiori a ***45 colpi/piede.***
Tale litozona caratterizza l'intero volume significativo del sottosuolo presente inferiormente allo strato 2 (vedasi risultati delle prove SPT eseguite).

In *Tab.6* si riportano i *parametri geotecnici caratteristici* degli strati individuati, specificando che il terreno di riporto non è stato parametrizzato, in quanto eterogeneo e non determinabile con soddisfacente affidabilità.

In *Fig.11* si propone il modello geologico che dovrà essere utilizzato per le verifiche geotecniche riferite all'Edificio 1 ("Ex Falegnami") e all'Edificio 3 ("Ex Magazzino"), agli SLU e SLE (vedasi relazione geotecnica R2 redatta a cura dello scrivente).

In *Fig.12* si propone il modello geologico che dovrà essere utilizzato per le verifiche geotecniche riferite all'Edificio 2 ("Villa") e all'Edificio 4 ("ex Marine").

Parametro	u.d.m.	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
γ (peso di volume)	KN/m^3	17.0	18.0	18.0
ϕ (angolo di attrito)	°	28.41	31.15	39.85
c (coesione)	Kg/cm^2	0	0	0
E (modulo deformazione)	KN/m^2	9580	25589	60409

Tabella 6 - Parametri geotecnici caratteristici del sottosuolo.

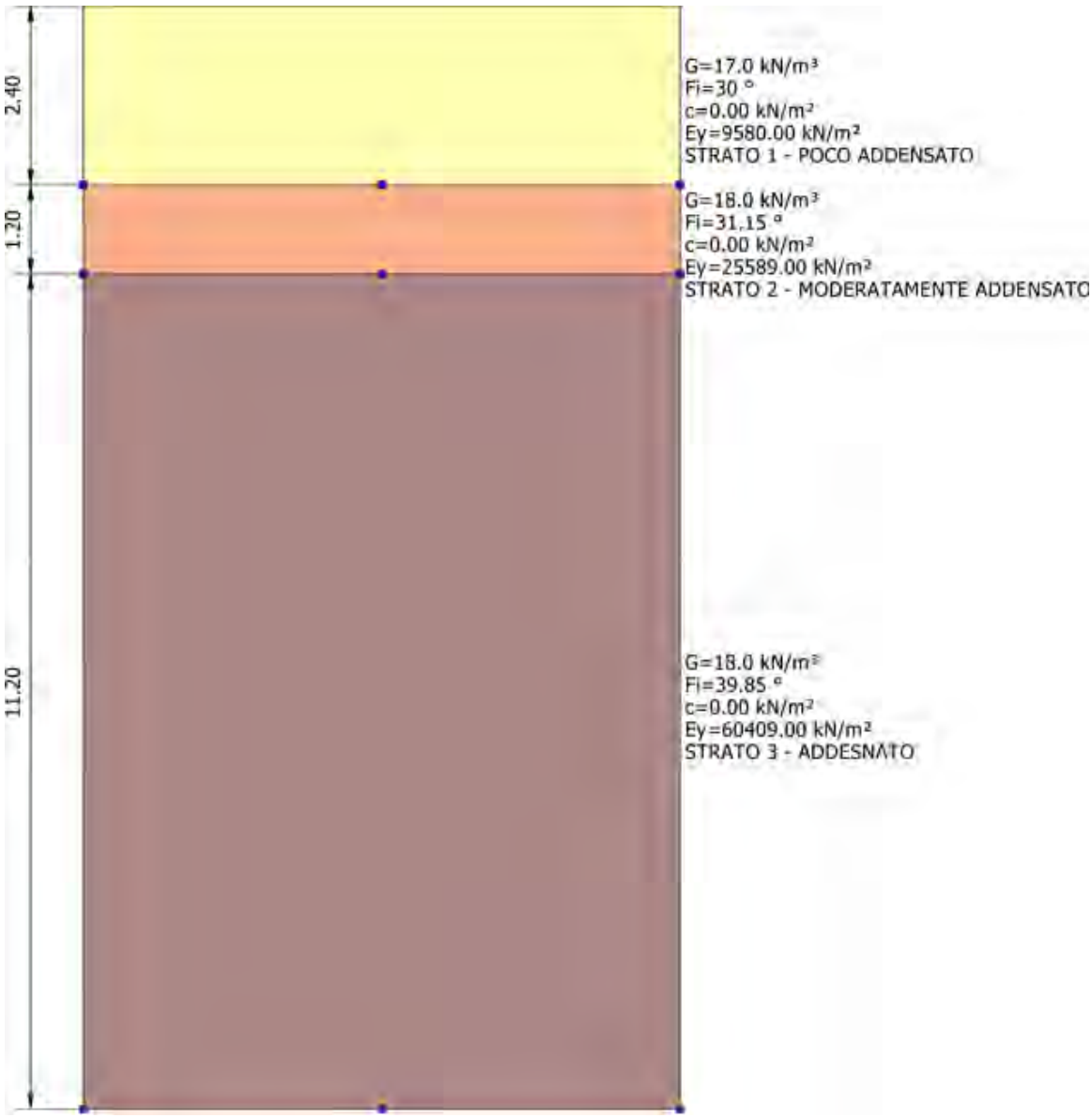


Figura 11 - Modello geotecnico elaborato per le verifiche agli SLU e SLE – valido per Edificio 1 e Edificio 3.

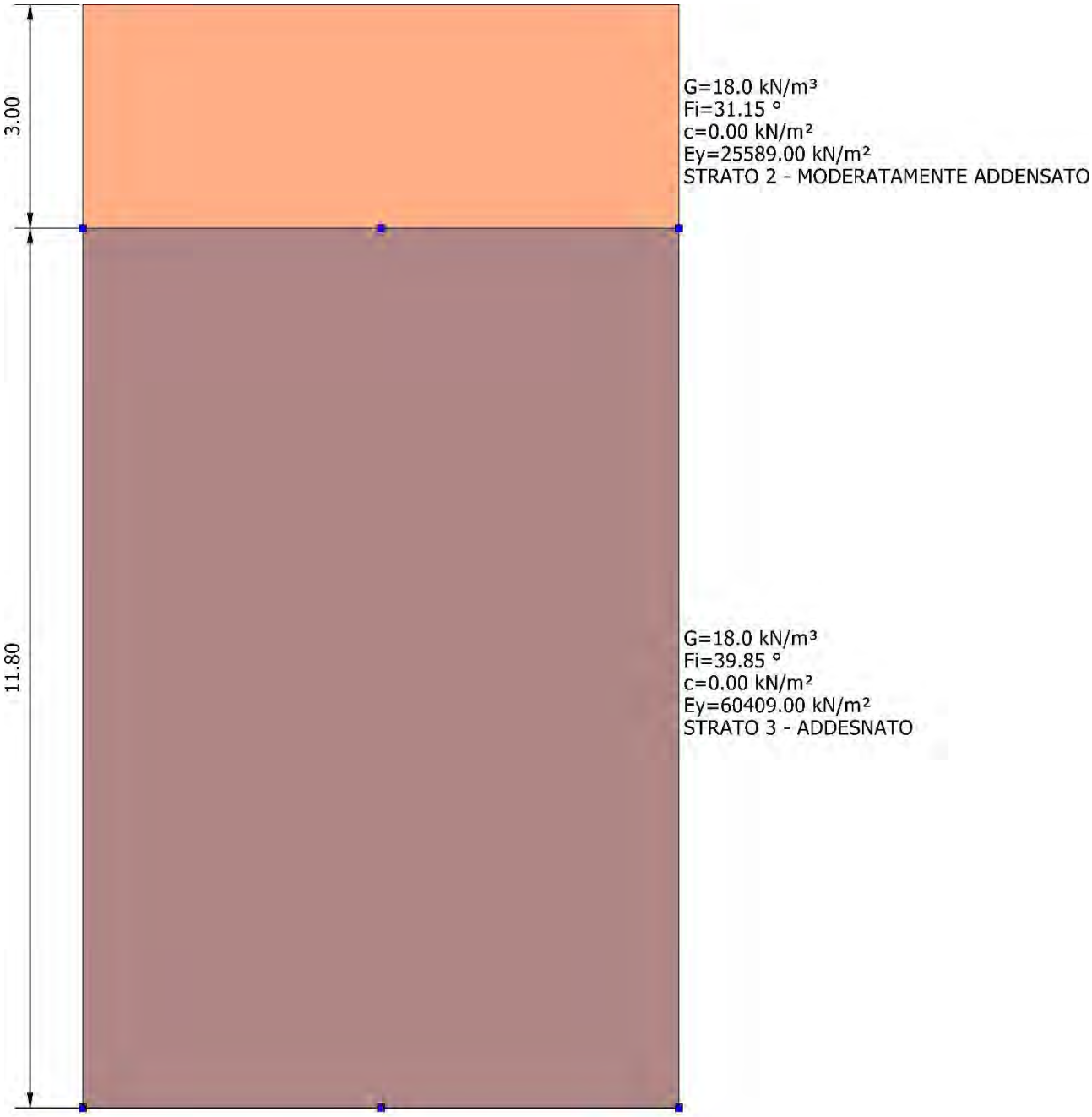


Figura 12 - Modello geotecnico elaborato per le verifiche agli SLU e SLE – valido per Edificio 2 e Edificio 4.

8. ANALISI DELL'AZIONE SISMICA

8.1 Generalità

La classificazione sismica dei Comuni della Regione Lombardia è stata recepita dalla D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 (Cfr. *Fig.13*) sulla base delle indicazioni del O.P.C.M. 3519/06 e delle NTC 2018). Tale delibera prevede, per il Comune di Ponte San Pietro, l'inserimento in **zona sismica 3**, in riferimento alla quale si dovrà considerare un valore di A_{gMAX} pari a **0.100192**. Al fine di allineare la nuova zonazione con la Legge Regionale 12 ottobre 2015, n. 33 "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche", la Giunta Regionale, con D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, ha differito al 10 aprile 2016 il termine per l'entrata in vigore della stessa. In particolare, la L.R. n. 33/2015 aggiorna la normativa sulle costruzioni in zona sismica adeguandola al D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 (Testo Unico in materia edilizia) e alla recente giurisprudenza costituzionale, trasferendo ai comuni, singoli o associati, le funzioni in materia sismica, che, in base allo stesso D.P.R., erano di competenza regionale. Infine, la Giunta Regionale ha approvato con D.G.R. n. X/5001 del 30 marzo 2016 le linee di indirizzo e coordinamento delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica secondo quanto previsto dagli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della suddetta legge regionale.

In particolare, gli interventi di cui all'art. 5 della L.R. 33/2015, relativi ad opere pubbliche o private localizzate nelle zone 3 e 4 (come nel caso in esame), comprese le varianti in corso d'opera, sono soggetti alle procedure di deposito previste dagli artt. 6 e 7 della stessa legge regionale (quindi non prevedono il rilascio di un'autorizzazione preventiva), per le finalità di denuncia dei lavori e presentazione dei progetti di costruzioni in zone sismiche, previste dall'art. 93 del D.P.R. 380/2001.

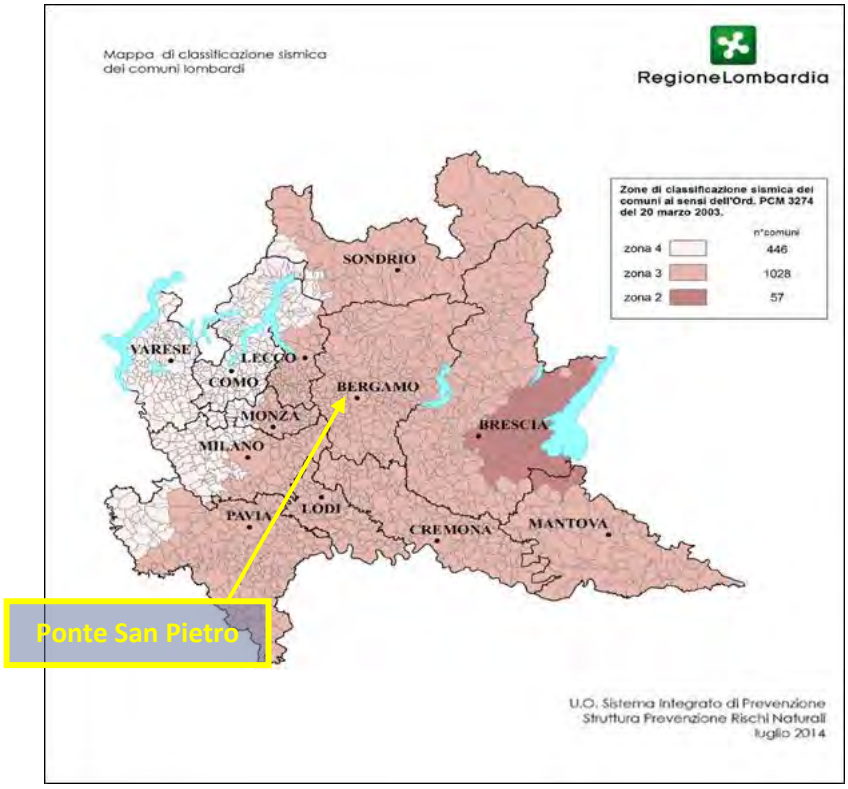


Figura 13 – classificazione sismica dei comuni lombardi – DGR n. X/2129 del 11/07/2014.

8.2 Tipologie di approfondimento sismico ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/11

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale è riportata nell'allegato 5 della D.G.R. del 22 dicembre 2005 n. 8/1566 "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12*" aggiornata con D.G.R. del 30/11/2011 n. X/2616.
La procedura di valutazione prevede tre livelli successivi di approfondimento, da applicarsi in funzione della zona sismica di appartenenza e della tipologia di opera in progetto.

Il **1° livello**: consiste nell'individuazione delle aree soggette ad effetti sismici locali a partire dalla cartografia di inquadramento e dai dati esistenti. Prevede la realizzazione di una carta che illustri le aree suscettibili di effetti sismici quali instabilità, cedimenti e liquefazioni, amplificazioni topografiche, litologiche e geometriche, cedimenti differenziali.

Il **2° livello**: consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa del fattore di amplificazione (Fa) nelle aree individuate con l'analisi di 1° livello, e il confronto con i valori di riferimento.

Il **3° livello**: prevede la definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite (da applicare solo in fase di progetto). Il 1° livello è stato eseguito nell'ambito dello Studio geologico comunale.

Il 1° livello è stato eseguito nell'ambito dello studio geologico comunale. L'area oggetto di intervento ricade nell'area identificata dalla sigla ***Z4a – "Zona caratterizzata da effetti di amplificazioni litologiche e geometriche con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi"*** come mostrato nella carta di pericolosità sismica contenuta nella componente geologica a supporto di P.G.T. *(Fig.14).*

Per il caso specifico, visto l'inserimento in zona sismica 3, si dovrà procedere con l'analisi di approfondimento di 2°livello (Cfr. schema di *Fig.15*).

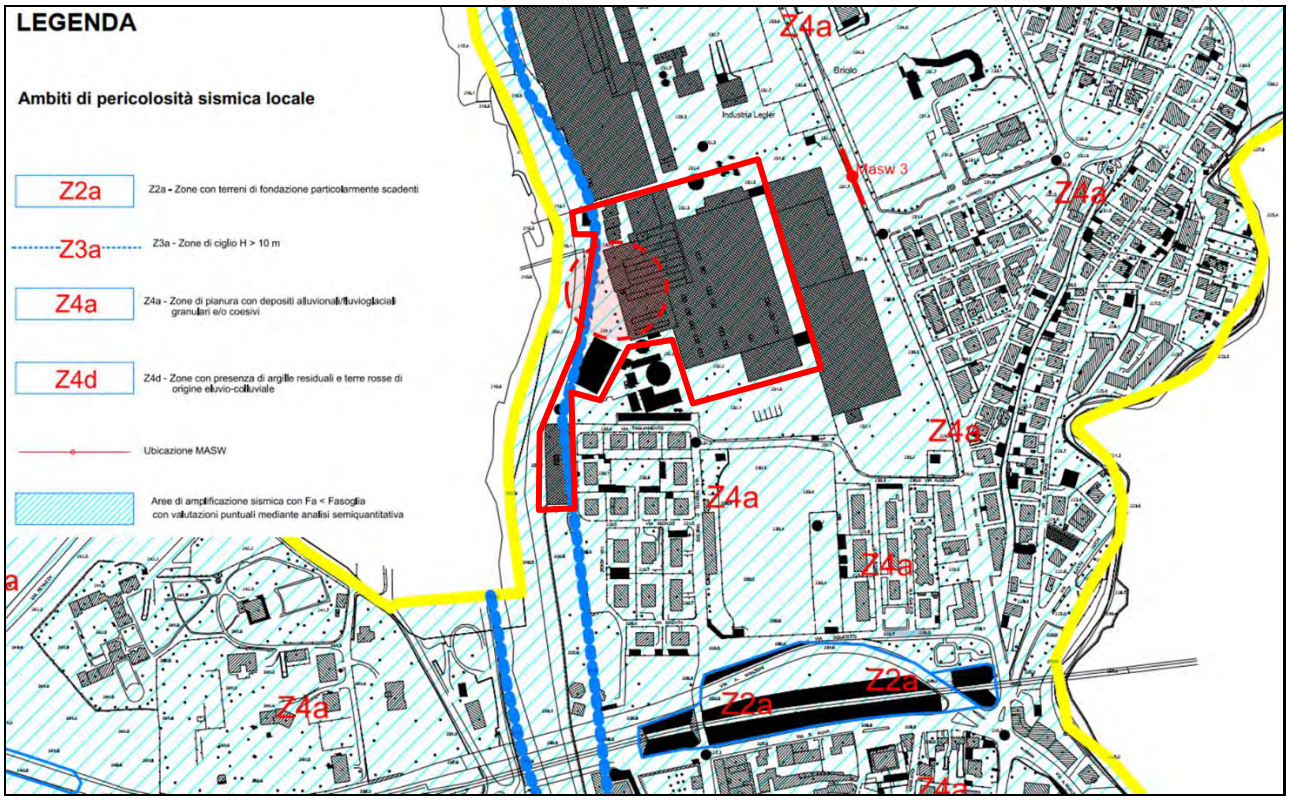


Figura 14 – estratto carta della pericolosità sismica locale a supporto del P.G.T.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Figura 15 – livelli di approfondimento e fasi di applicazione.

8.3 Analisi di pericolosità sismica di secondo livello

Per l'analisi di secondo livello ci si è riferiti alle procedure indicate nella D.G.R. 30 novembre 2011 n.IX/2616; esse consistono nella valutazione del valore di F_a (Fattore di Amplificazione) tramite le schede di valutazione proposte in ambito della suddetta D.G.R., in relazione agli effetti litologici.

Si tratta di approccio semiquantitativo che fornisce appunto la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione (Fa).
Tale fattore viene confrontato con il valore di soglia di riferimento (a seconda del comune e della tipologia di suolo), considerando una variabilità di +/- 0.1 che tiene conto della variabilità di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Scelta scheda effetti litologici
In base all'andamento delle Vs con la profondità, ricavato dall'indagine con le prove MASW, è stata scelta la "*scheda litologia sabbiosa*" (Cfr. *Fig.16*). Infatti, la curva Vs-z sperimentale, riferita a tale scheda, risulta interamente compresa nel campo di validità, a differenza delle altre schede proposte.

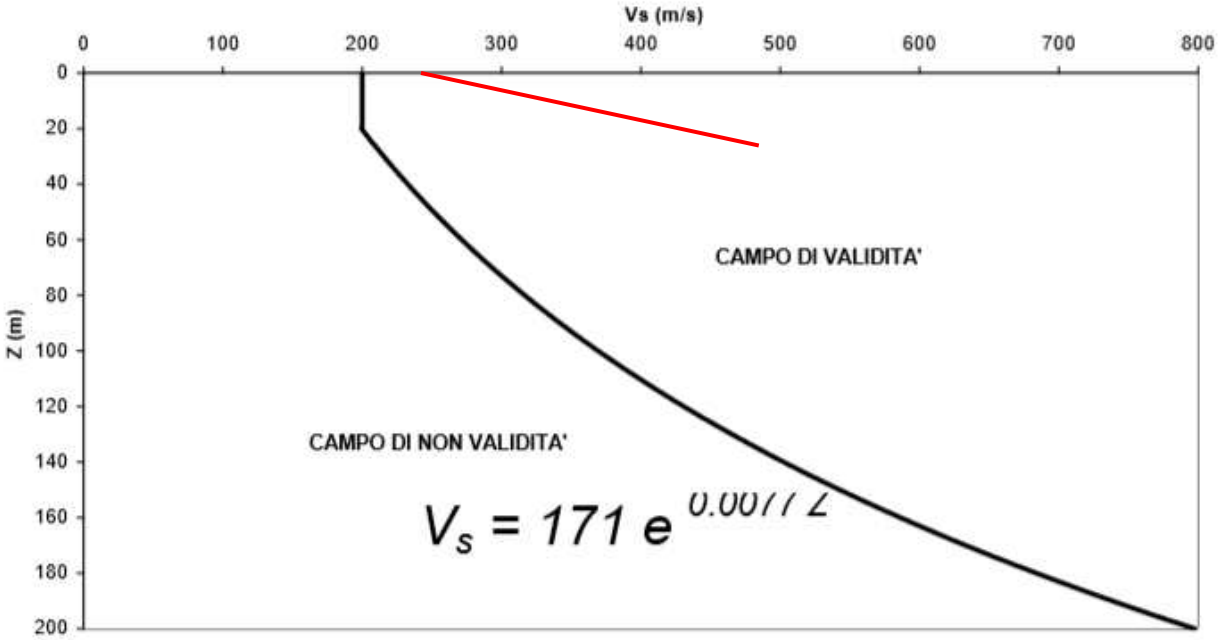
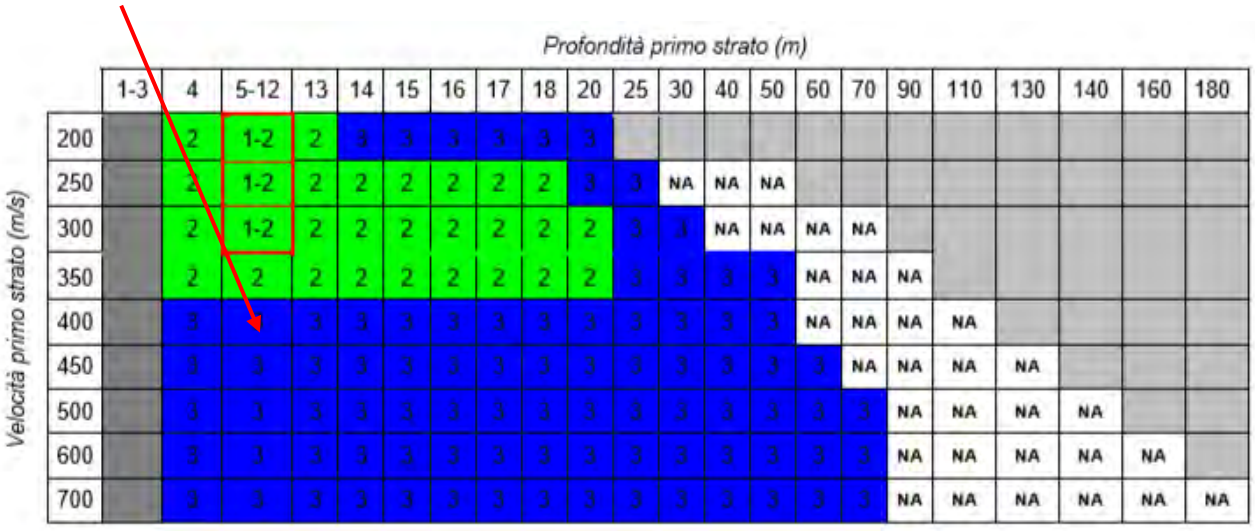


Figura 16 – scheda effetti litologici.

Scelta della curva T-Fa
Lo strato superficiale è stato considerato con uno spessore compreso tra i 4m e 8m, all'interno del quale la velocità media Vs è risultata superiore a 405 m/s circa, corrispondente alla *curva 3* di colore blu (Cfr. *Fig.17*).



	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3												
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA						
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA					
400		3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Figura 17 – scelta curva.

Confronto con i valori soglia calcolati per il Comune di Ponte San Pietro
Alla luce dei più recenti dati forniti dalla Regione Lombardia, si considerano i valori soglia di riferimento per i periodi compresi tra **0.1 e 0.5 s**, trattandosi di struttura bassa, regolare e piuttosto rigida.
In *Tab.7* vengono riportati tali valori soglia, ai quali occorre riferirsi per poter esprimere le considerazioni conclusive; si vedano per il caso in esame i valori relativi ai suoli di tipo B, evidenziati in colore azzurro.

COMUNE	Classificazione sismica	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D
Ponte San Pietro	3	1.5	1.9	2.3

Tabella 7 – valori soglia per il periodo compreso tra 0.1 – 0.5s.

Dato il confronto tra la curva scelta, *curva 3* (curva blu), ed il valore soglia comunale per i terreni di tipo B nel comune di Ponte San Pietro, per qualsiasi valore del periodo proprio del sito T, ***il valore di Fa risulta sempre inferiore ai corrispondenti valori di soglia***, come evidenziato in *Fig.18* seguente.

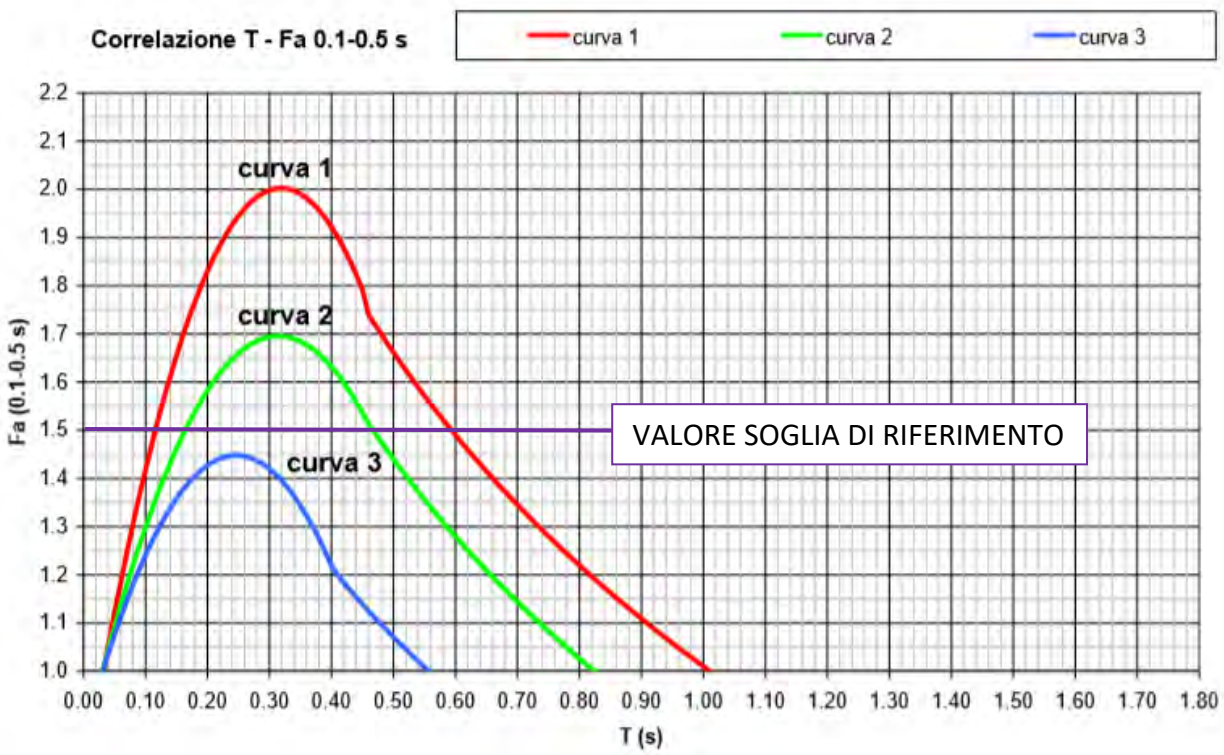


Figura 18 – confronto T/Fa.

L'analisi di secondo livello effettuata in base ai dettami della D.G.R. 30 novembre 2011 n.IX/2616, ha consentito di verificare che per i ***fattori di amplificazione relativi al periodo compreso tra 0.1-0.5 s (da considerare per strutture basse e rigide), il valore di Fa risulta inferiore ai corrispondenti valori di soglia previsti dalla Regione Lombardia e riferiti a categoria dei suoli B***; in questo caso la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuti alla litologia come riportatati all'interno dello studio geologico del PGT.
Pertanto, **non si dovrà prevedere il 3° livello di approfondimento**.

8.4 Analisi delle azioni sismiche ai sensi del D.M. 17.01.2018

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, secondo il D.M. 17.01.2018 si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.
Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.
La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa *ag* in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR e nel periodo di riferimento VR, come definiti di seguito. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché commisurati alla pericolosità sismica del sito.
Le forme spettrali di interesse sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito (m/s^2);
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (-);
- TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (sec).

Definizione della vita nominale dell'opera
La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella seguente.
Per gli edifici 1, 2 e 3, la vita nominale si assume pari a 50 anni; per l'edificio ex Marine (edificio 4) si considerano i 100 anni.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

Tabella 8 – vita nominale V_N per diversi tipi di opere.

Definizione delle classi d'uso per l'opera
In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso definite in tabella seguente. Per gli edifici 1, 2 e 3, la classe d'uso di riferimento è la ***Classe II***; per l'edificio ex Marine (edificio 4) la classe d'uso di riferimento è la ***Classe IV***.

CLASSE	DESCRIZIONE
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 9 – definizione classi d'uso.

Definizione del periodo di riferimento per l'opera

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso C_U: $V_R = V_N \cdot C_U$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 10 – valori del coefficiente d'uso Cu

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni. Per il caso in esame ne consegue che:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50 \text{ anni [edifici 1, 2 e 3]}$$

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 2.0 = 200 \text{ anni [edificio 4]}$$

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli *stati limite di esercizio* sono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO):* a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- *Stato Limite di Danno (SLD):* a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli *stati limite ultimi* sono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):* a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):* a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella. La scelta dello stato limite di riferimento per il caso in esame è lo SLV (con PVR 10%).

STATI LIMITE		Pvr: probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
STATI LIMITE DI ESERCIZIO	SLO	81%
	SLD	63%
STATI LIMITE ULTIMI	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 11 – probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato.

Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Scopo delle prove è la definizione della categoria dei suoli di fondazione che, secondo l'OPCM 3274 e s.m.i. e il D.M. 17.01.2018, risultano identificate secondo quanto riportato in *Tab.12*, nella quale vengono elencate le tipologie di terreno in funzione dei parametri Vs30, Nspt e Cu.
Le prove Masw eseguite hanno consentito di determinare valori di Vs30 pari a 631 m/s e 405 m/s, tali da attribuire ai suoli di fondazione la ***Categoria B***, secondo la distinzione indicata dal O.P.C.M. 3274/03.

CATEGORIA	PROFILO STRATIGRAFICO
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m*
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s*
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m*

Tabella 12 - Categorie sismiche suolo di fondazione (Tab.3.2.II D.M. 17/01/18).

Per condizioni topografiche superficiali semplici, come quella in esame, si può adottare la classificazione della tabella seguente.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclin. media 15°≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclin. media i > 30°

Tabella 13 – categorie topografiche classificate secondo la pendenza.

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.
Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'intervento.

CATEGORIA	UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO	S_T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 14 – valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T.

Per il caso in esame la categoria di riferimento è la T1, da cui S_T = 1,0.

Calcolo dei coefficienti sismici

Sulla base delle coordinate geografiche e dei dati tipici del sito in esame citati nei precedenti paragrafi vengono determinati specifici parametri sismici, per i quali si rimanda alle tabelle di calcolo in appendice della Relazione Geotecnica.
Tali parametri vengono considerati nelle procedure di calcolo finalizzate alla stima delle resistenze.

9. VALUTAZIONI SULLA PROPENSIONE ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.
Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u)\tan\varphi$$

con:
c = coesione del terreno;
σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine;
u = pressione interstiziale dell'acqua;
φ = angolo di resistenza al taglio del terreno.
È evidente che la grandezza "τ" si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a. c = 0;
b. (σ_{v0} - u) = 0;
c. il caso φ = 0 non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione "c=0" non può ovviamente verificarsi.

La condizione *a)* vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.
La condizione *b)* si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali

sovraccarichi presenti in superficie (σ_{v0} = u). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sottofalda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. *eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;*
2. *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g (agmax);*
3. *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali (misura riferita al valore medio stagionale o alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera);*
4. *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180, dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (ConePenetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.*

Viste le condizioni geologiche e geologico-tecniche generali, in considerazione anche dei valori di Magnitudo attesi (<5) e i valori di soggiacenza della falda superiore a 20 m, si omette la verifica alla liquefazione, presumendo che i terreni investigati non possano esserne soggetti.

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questa sezione verranno riassunte le considerazioni principali effettuate all'interno della relazione geologica.

1. *Caratteri geologici e litologici*

Il sito in esame si colloca all'interno del "*Complesso del Brembo*", definito da depositi fluvioglaciali pleistocenici costituiti ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, intercalato a orizzonti conglomeratici (Ceppo del Brembo).

2. *Condizioni geomorfologiche*

La scarpata fluviale prossima agli edifici esistenti (edifici 1, 2 e 3) risulta stabile con assenza di evidenze di fenomeni gravitativi significativi.

3. *Caratteri idrogeologici*

La soggiacenza della falda viene assunta ad una profondità di circa 20 m rispetto al piano campagna.

4. *Fattibilità geologica*

Le aree di intervento ricadono all'interno delle *Classi 2, 3a* e *4* di fattibilità geologica per le azioni di piano, contraddistinte rispettivamente da *modeste*, *consistenti e gravi*

limitazioni di carattere litologico (*Classe 2*) e geomorfologico relative a ad aree acclivi o prossime a scarpate acclivi (*Classe 3a* e *4*). Le tipologie di opere previste risultano compatibili con le Norme Geologiche di Piano, con prescrizioni in merito alla mitigazione dei rischi che verranno definite nella Relazione Geotecnica R2 e che riguarderanno gli edifici 1 e 3.

5. *Pericolosità Sismica Locale*
Il sito in esame ricade all'interno dello scenario di amplificazione sismica locale identificato dalla sigla *Z4a – "Zona caratterizzata da effetti di amplificazioni litologiche e geometriche con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi".* L'analisi sismica di secondo livello eseguita ha verificato che la normativa è da considerarsi sufficiente per considerare i possibili effetti di amplificazione locale dovuti alla litologia. Non è pertanto richiesto l'approfondimento sismico di terzo livello.

6. *Modello geologico e geotecnico*
Vengono definiti due differenti modelli geologico-geotecnici con parametri:
- per gi edifici 1 e 3 sono da considerare *tre strati* sovrapposti (STRATO 1 - STRATO 2 - STRATO 3);
- per gli edifici 2 e 4 sono da considerare *due* strati sovrapposti (STRATO 2 - STRATO 3).

Il contesto geologico-geotecnico è da ritenersi omogeneo, in assenza di disomogeneità laterali di rilievo in riferimento a ciascun comparto analizzato.

Parametro	u.d.m.	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
γ (peso di volume)	KN/m^3	17.0	18.0	18.0
ϕ (angolo di attrito)	°	28.41	31.15	39.85
c (coesione)	Kg/cm^2	0	0	0
E (modulo deformazione)	KN/m^2	9580	25589	60409

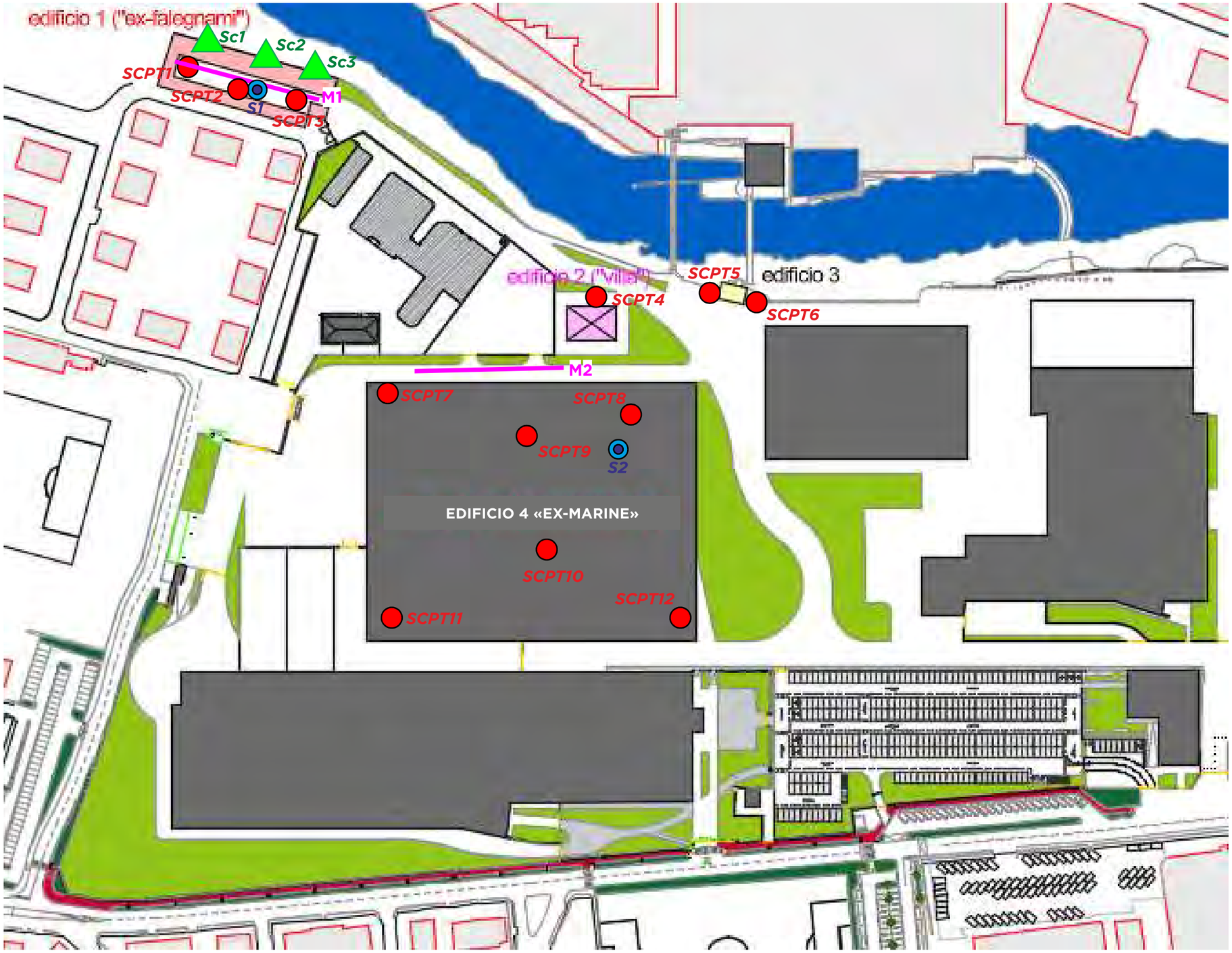
Tabella 15 – parametri geotecnici caratteristici riferiti all'intero sito ARUBA.

7. *Liquefazione*
Considerati i valori di Magnitudo attesi (<5), i valori di accelerazione massima minori di 0.1g e i valori di soggiacenza della falda mediamente superiori a 20 m, i terreni di fondazione non sono potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione.

Busto Arsizio, 08/10/2025 Dott. Geol. Luca Luoni

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
LUCA LUONI
geologo specialista
Albo n. 1052 AP
sezione A

ELABORATI GRAFICI



SCAVO ESPLORATIVO

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

PROVA SISMICA MASW

Committente
ARUBASTUDIO S.R.L.

Progetto
NUOVI INTERVENTI EDILIZI
VIA SAN CLEMENTE 53 - PONTE SAN PIETRO (BG)

UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA E SISMICA

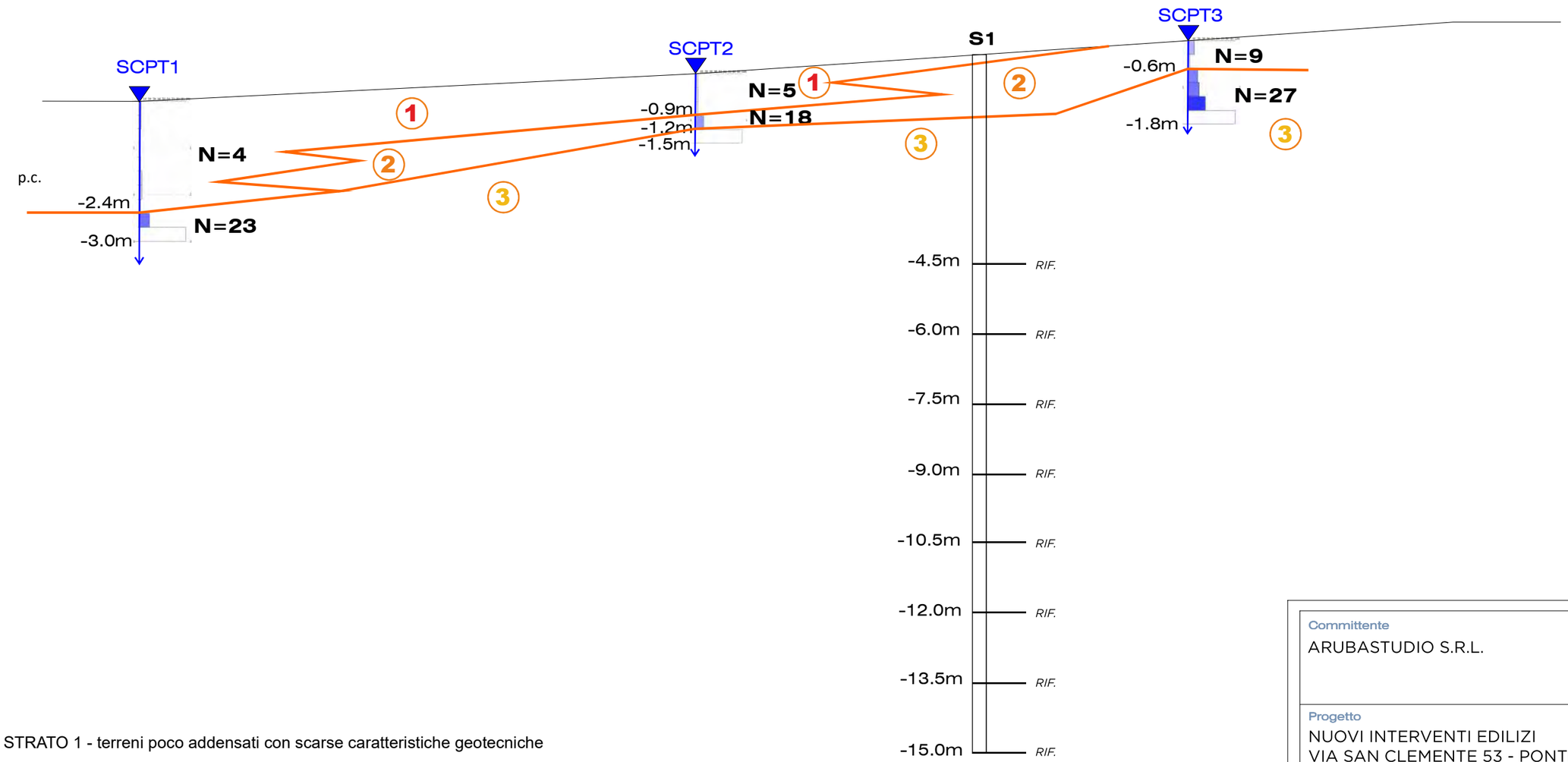
Tavola
1

Scala
F.S.

Data
OTTOBRE 2025

STUDIO LUONI GEOLOGIA
consulenze e servizi

EDIFICIO FALEGNAMI



1 STRATO 1 - terreni poco addensati con scarse caratteristiche geotecniche

2 STRATO 2 - terreni moderatamente addensati con discrete caratteristiche geotecniche

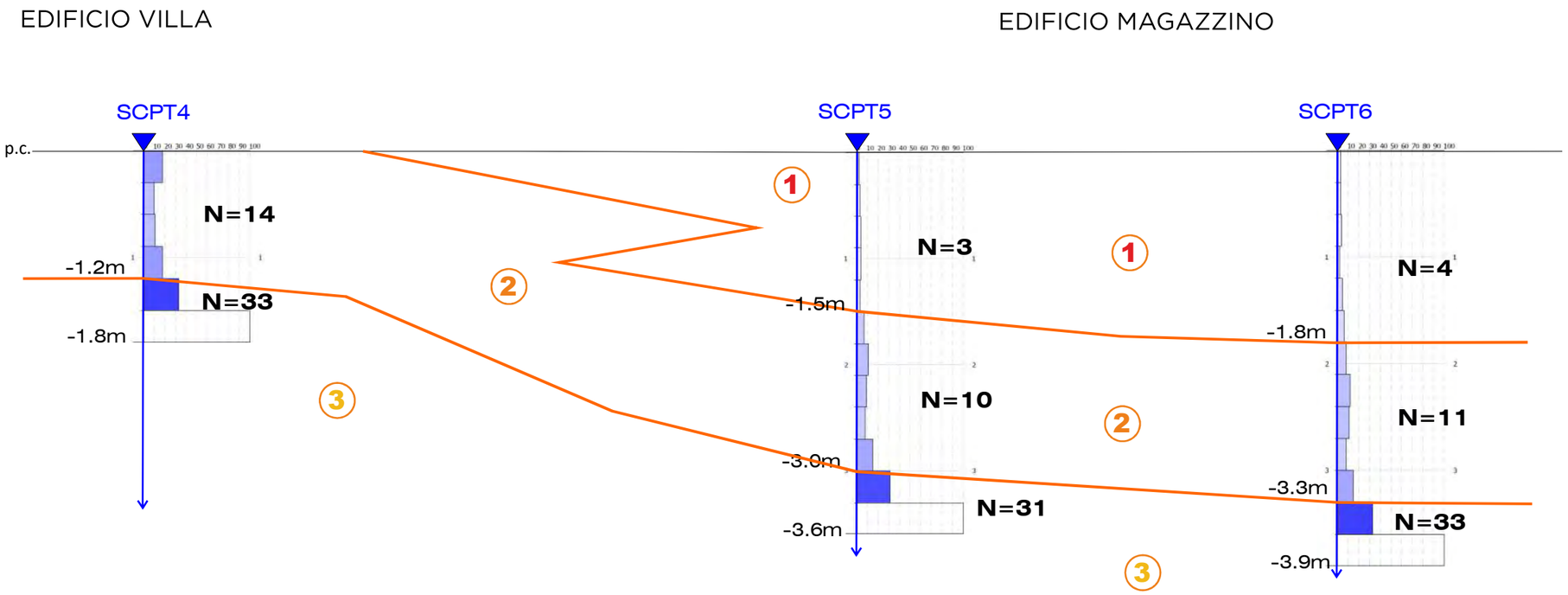
3 STRATO 3 - terreni addensati con buone caratteristiche geotecniche

N=5 Valore di resistenza meccanica media della litozona espressi in colpi/piede (da prova SCPT)

Profondità espresse in metri da p.c.

Committente	ARUBASTUDIO S.R.L.
Progetto	NUOVI INTERVENTI EDILIZI VIA SAN CLEMENTE 53 - PONTE SAN PIETRO (BG)
SEZIONE GEOTECNICA - FALEGNAMI	Tavola **2a**
Scala: VERT: 1:100 ORIZZ: fuori scala	Data: OTTOBRE 2025

STUDIO LUONI GEOLOGIA



1 STRATO 1 - terreni poco addensati con scarse caratteristiche geotecniche

2 STRATO 2 - terreni moderatamente addensati con discrete caratteristiche geotecniche

3 STRATO 3 - terreni addensati con buone caratteristiche geotecniche

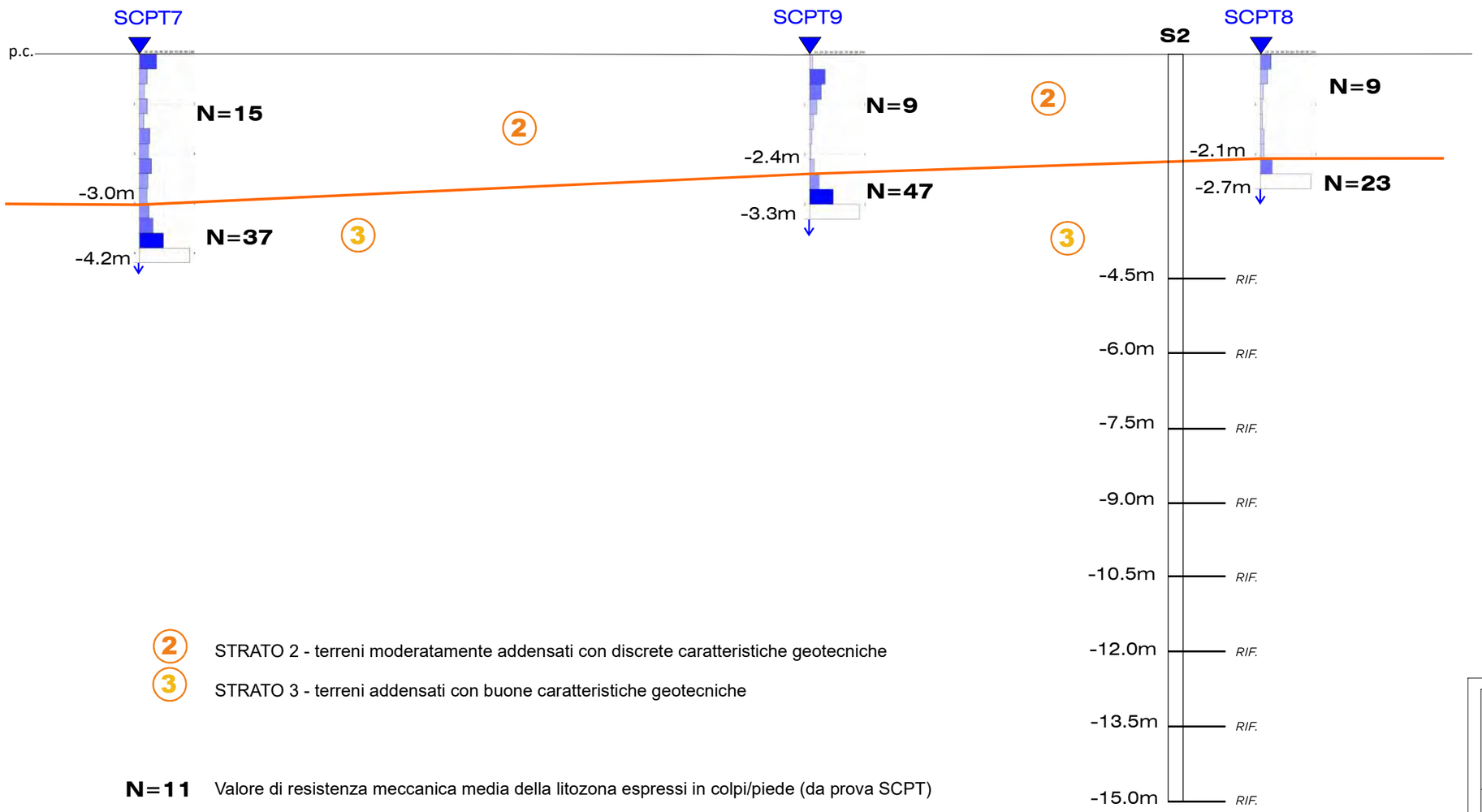
N=11 Valore di resistenza meccanica media della litozona espressi in colpi/piede (da prova SCPT)

Profondità espresse in metri da p.c.

Committente ARUBASTUDIO S.R.L.	
Progetto NUOVI INTERVENTI EDILIZI VIA SAN CLEMENTE 53 - PONTE SAN PIETRO (BG)	
SEZIONE GEOTECNICA VILLA-MAGAZZINO	Tavola **2b**
Scala vert: 1:50 orizz: fuori scala	Data OTTOBRE 2025

STUDIO LUONI GEOLOGIA
consulenze e servizi

EDIFICIO EX MARINE



2 STRATO 2 - terreni moderatamente addensati con discrete caratteristiche geotecniche

3 STRATO 3 - terreni addensati con buone caratteristiche geotecniche

N=11 Valore di resistenza meccanica media della litozona espressi in colpi/piede (da prova SCPT)

Profondità espresse in metri da p.c.

Committente
ARUBASTUDIO S.R.L.

Progetto
NUOVI INTERVENTI EDILIZI
VIA SAN CLEMENTE 53 - PONTE SAN PIETRO (BG)

SEZIONE GEOTECNICA EDIFICIO EX-MARINE

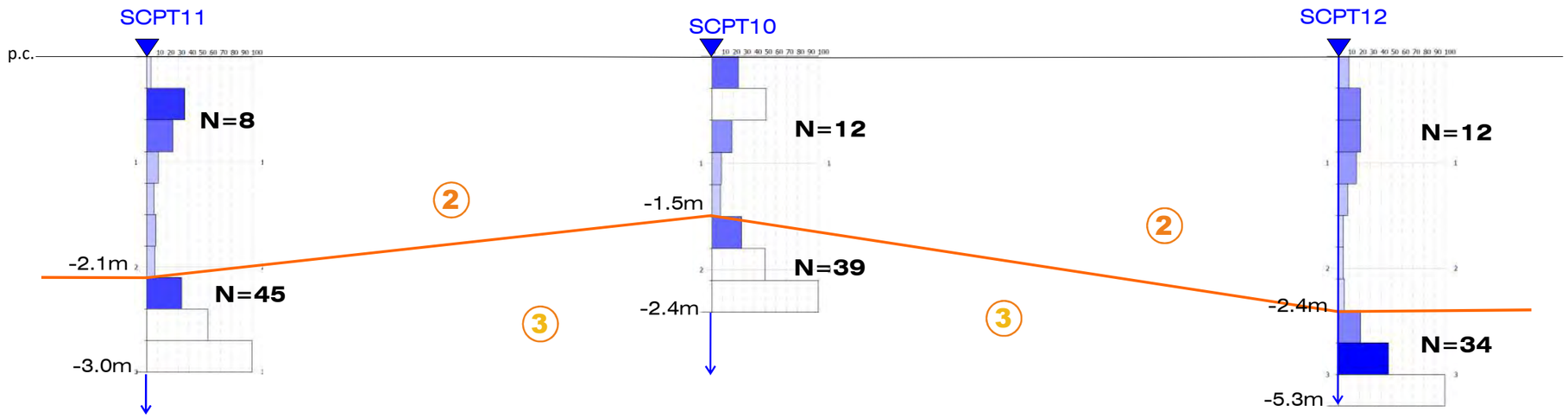
Tavola
2c

Scala
vert: 1:100
orizz: fuori scala

Data
OTTOBRE 2025

STUDIO LUONI GEOLOGIA

EDIFICIO EX MARINE



2 STRATO 2 - terreni moderatamente addensati con discrete caratteristiche geotecniche

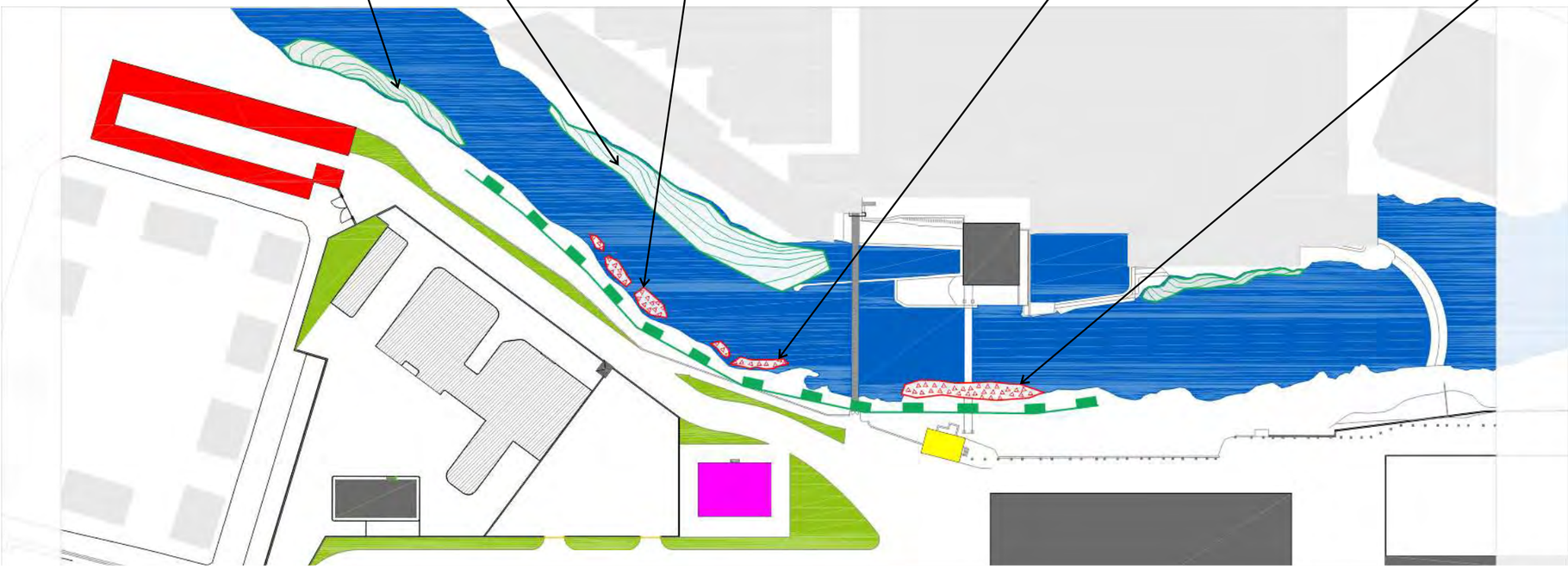
3 STRATO 3 - terreni addensati con buone caratteristiche geotecniche

N=11 Valore di resistenza meccanica media della litozona espressi in colpi/piede (da prova SCPT)

Profondità espresse in metri da p.c.

Committente	ARUBASTUDIO S.R.L.
Progetto	NUOVI INTERVENTI EDILIZI VIA SAN CLEMENTE 53 - PONTE SAN PIETRO (BG)
SEZIONE GEOTECNICA EDIFICIO EX MARINE	Tavola **2d**
Scala: vert: 1:50 orizz: fuori scala	Data: OTTOBRE 2025

STUDIO LUONI GEOLOGIA



AREE IN DEPOSIZIONE

AREE IN EROSIONE

CORPO DI FRANA PER CROLLO/RIBALTAMNETO

BARRA DI MEANDRO

SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE STABILIZZATA

Committente
ARUBASTUDIO S.R.L.

Progetto
NUOVI INTERVENTI EDILIZI
VIA SAN CLEMENTE 53 - PONTE SAN PIETRO (BG)

CARTA GEOMORFOLOGICA

Tavola
3

Scala
fuori scala

Data
OTTOBRE 2025

STUDIO LUONI GEOLOGIA
consulenze e servizi

GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

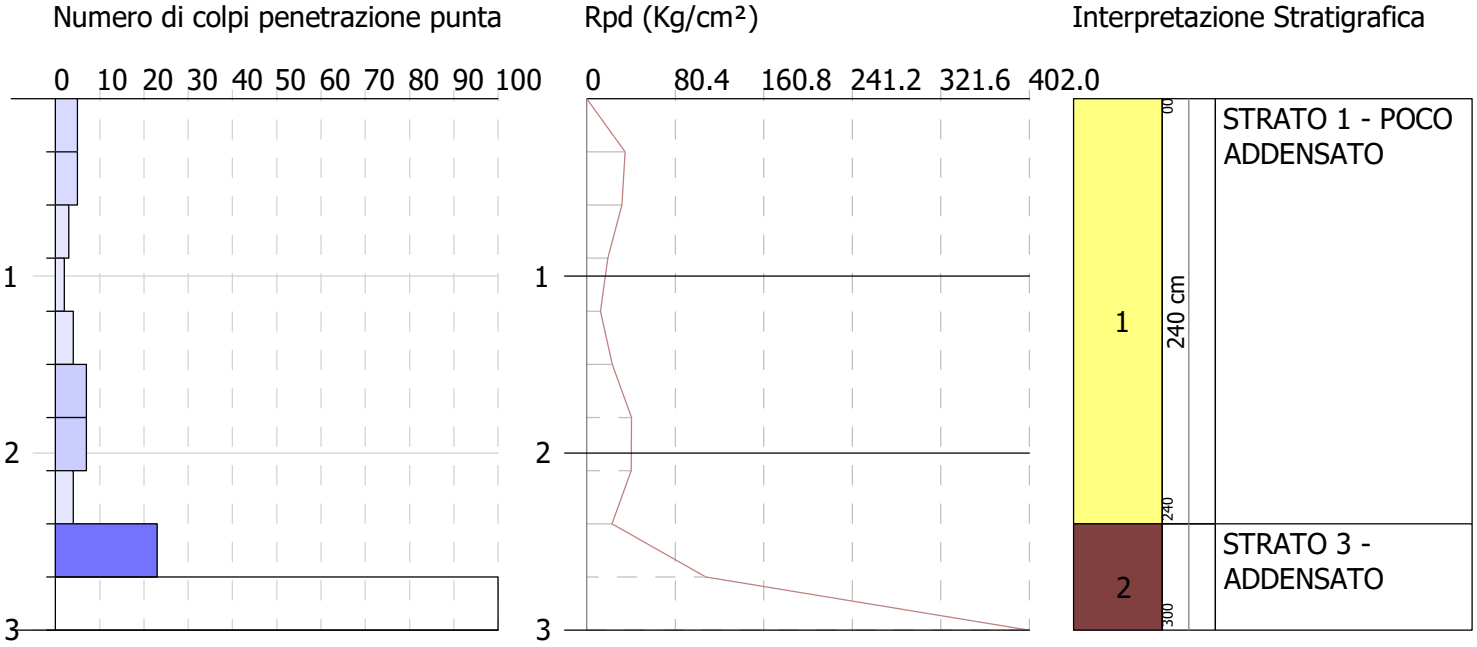
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt1
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

24-02-2025

Scala 1:50



STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

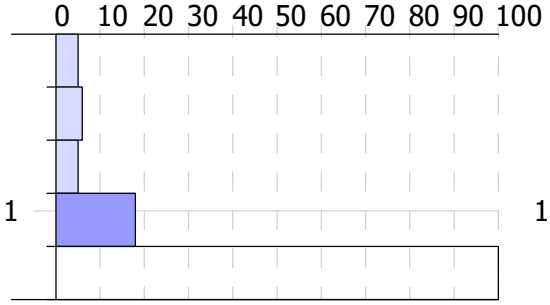
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt2
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

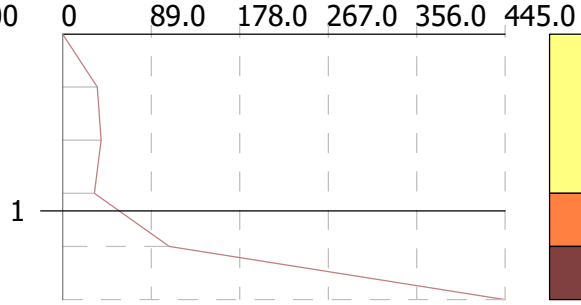
24-02-2025

Scala 1:50

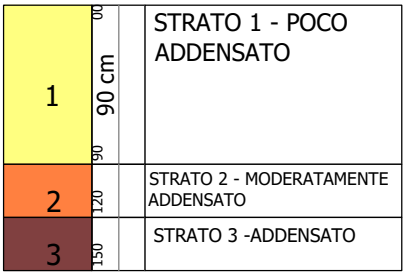
Numero di colpi penetrazione punta



Rpd (Kg/cm²)



Interpretazione Stratigrafica

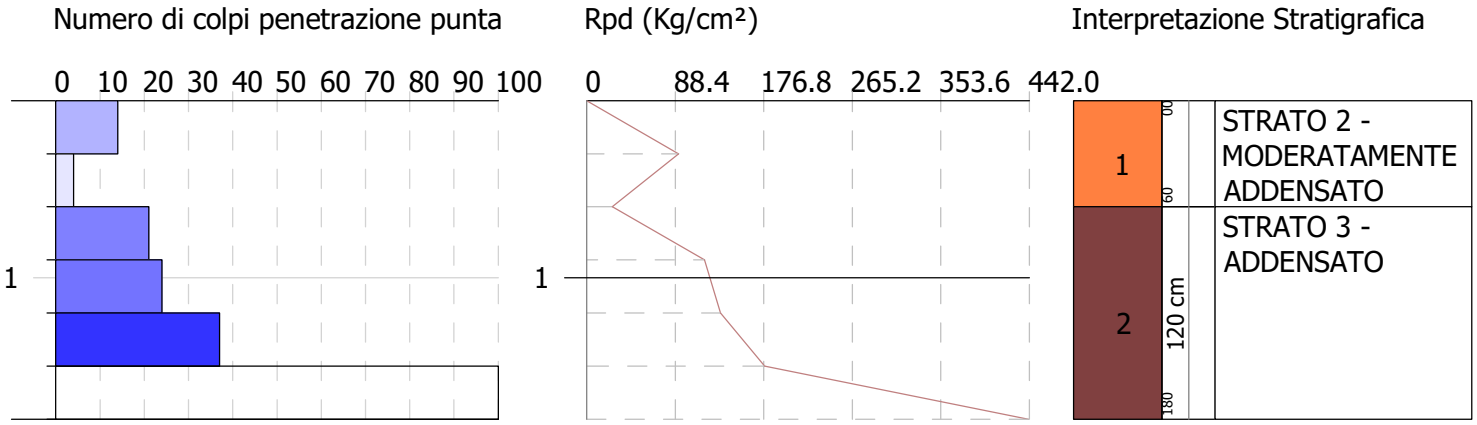


STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt3
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L. 24-02-2025
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

Scala 1:50



STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

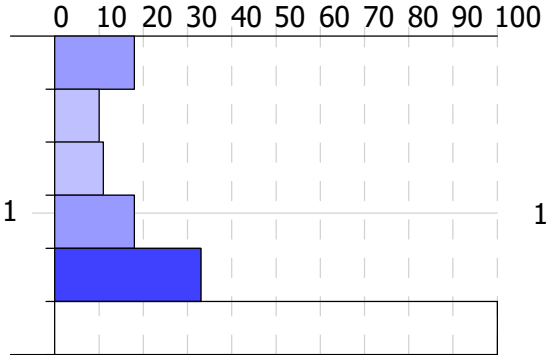
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt4
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

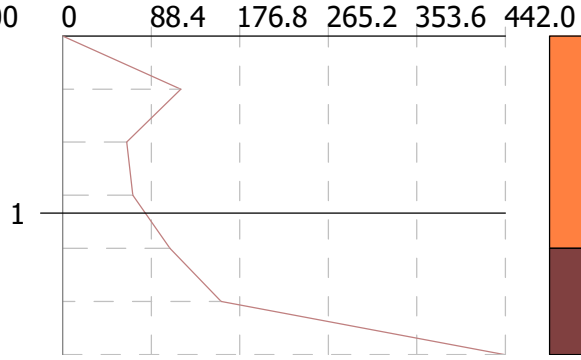
24-02-2025

Scala 1:50

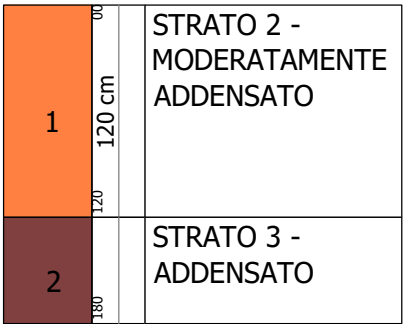
Numero di colpi penetrazione punta



Rpd (Kg/cm²)



Interpretazione Stratigrafica



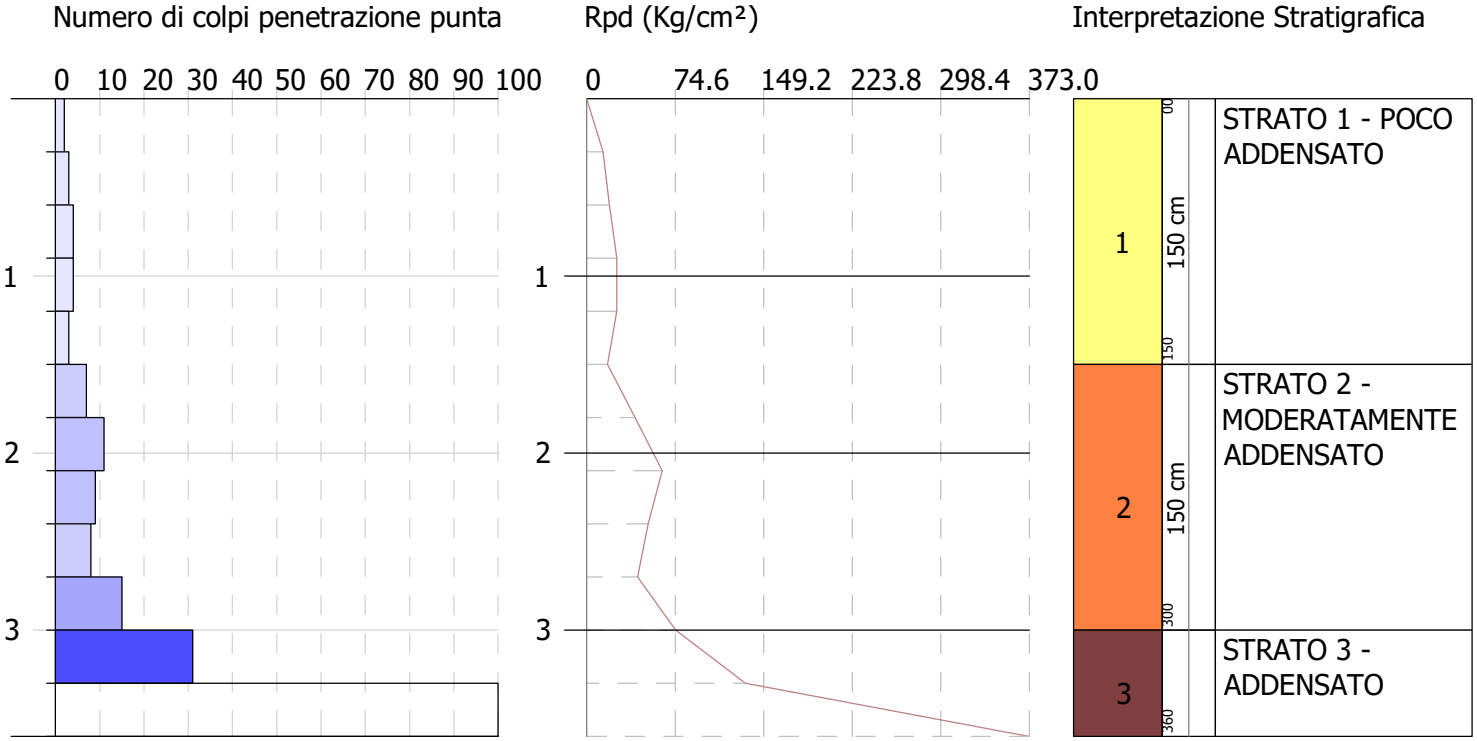
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt5
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

24-02-2025

Scala 1:50



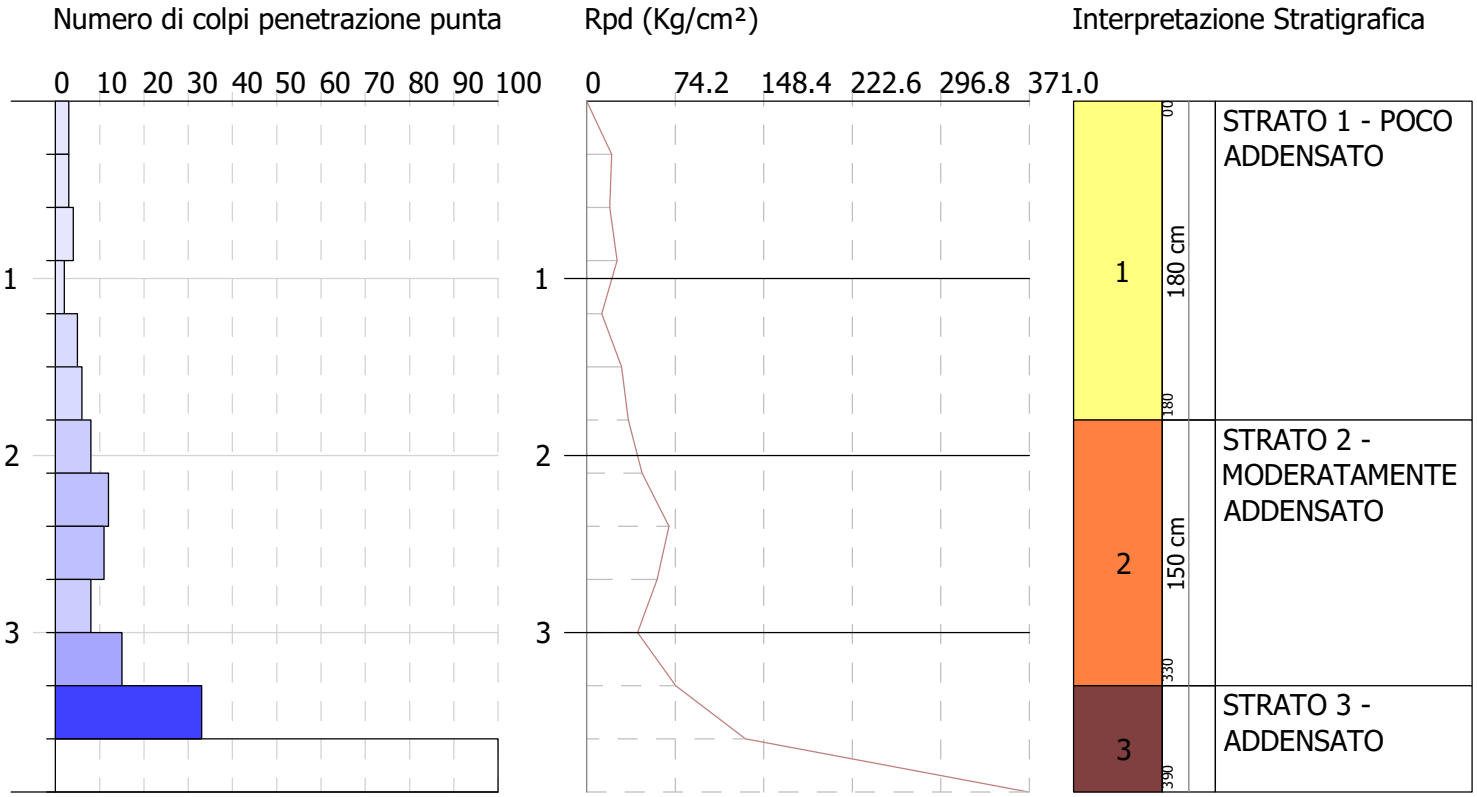
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt6
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

24-02-2025

Scala 1:50



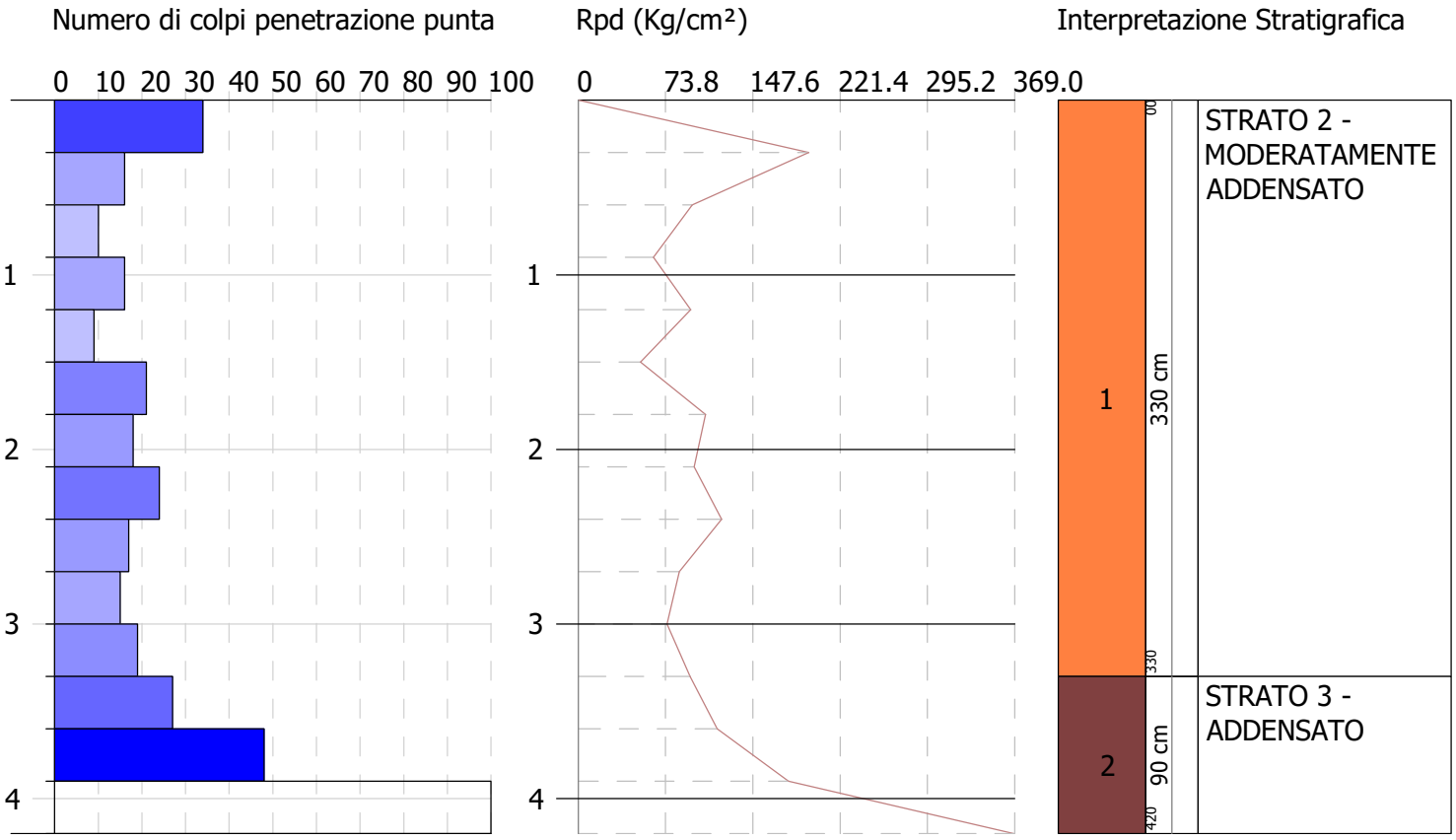
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt7
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

24-02-2025

Scala 1:50



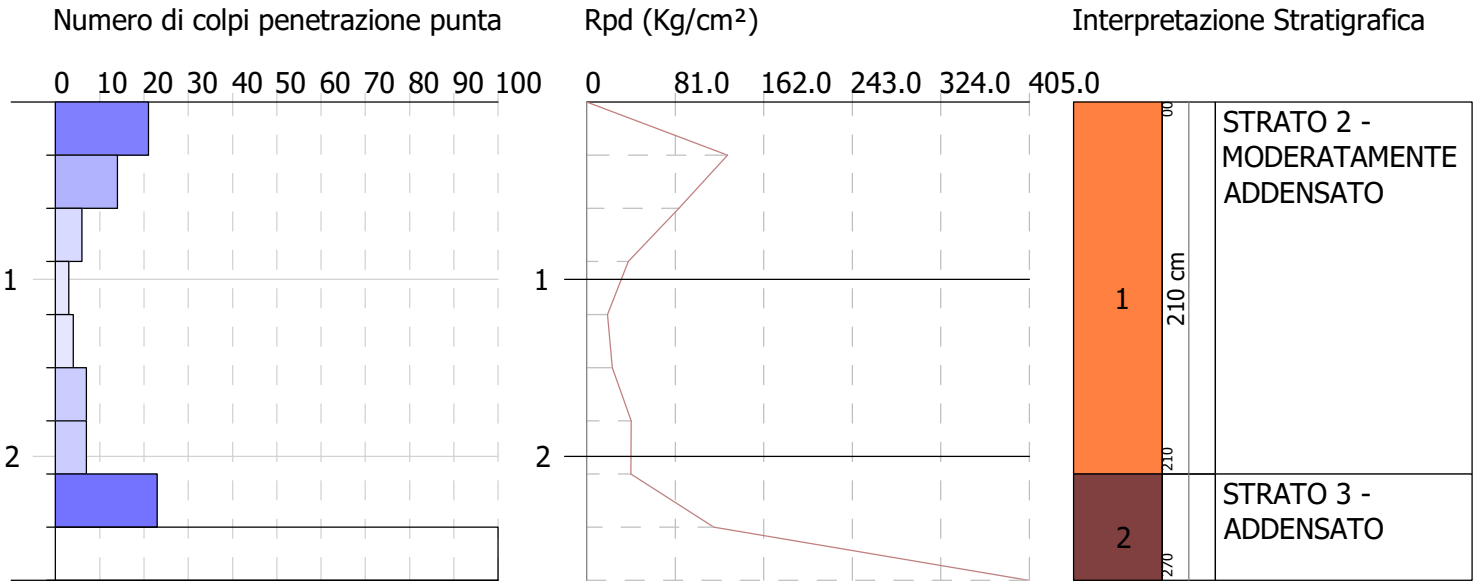
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt8
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

24-02-2025

Scala 1:50



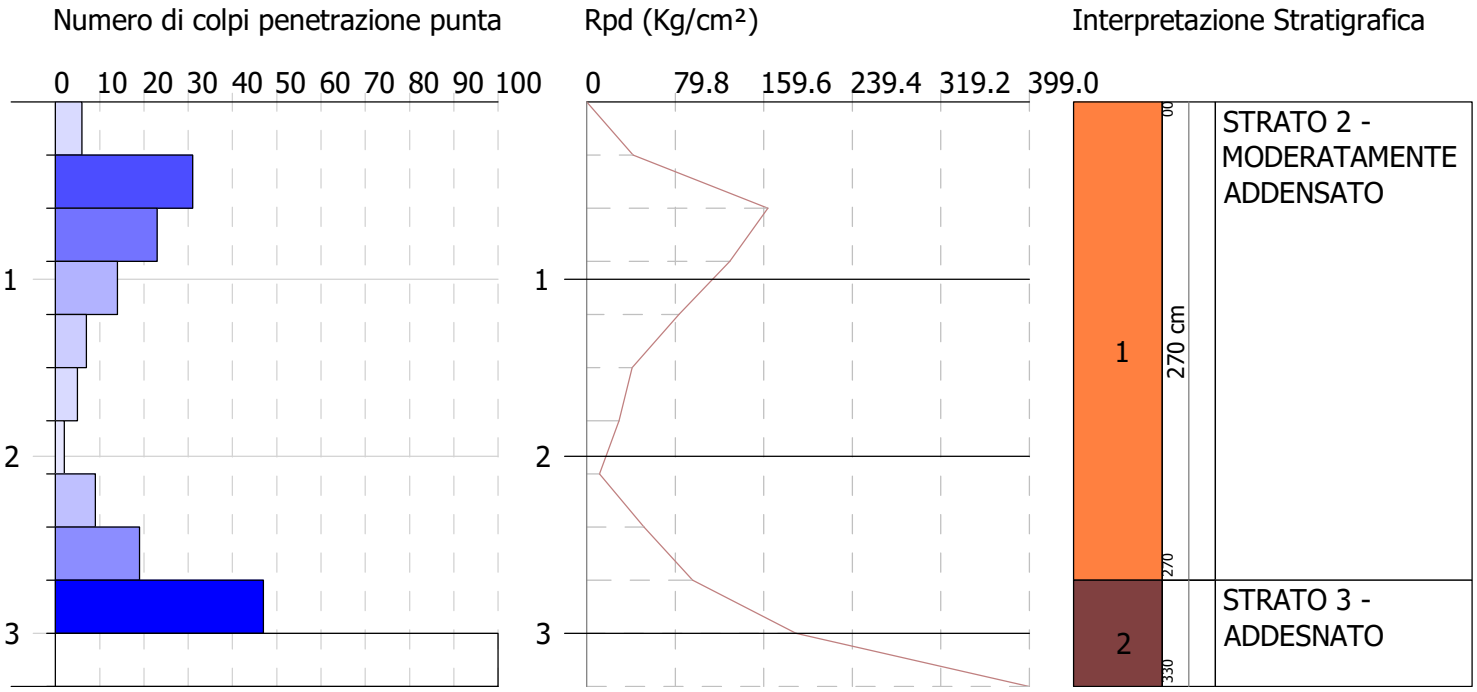
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt9
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

24-02-2025

Scala 1:50



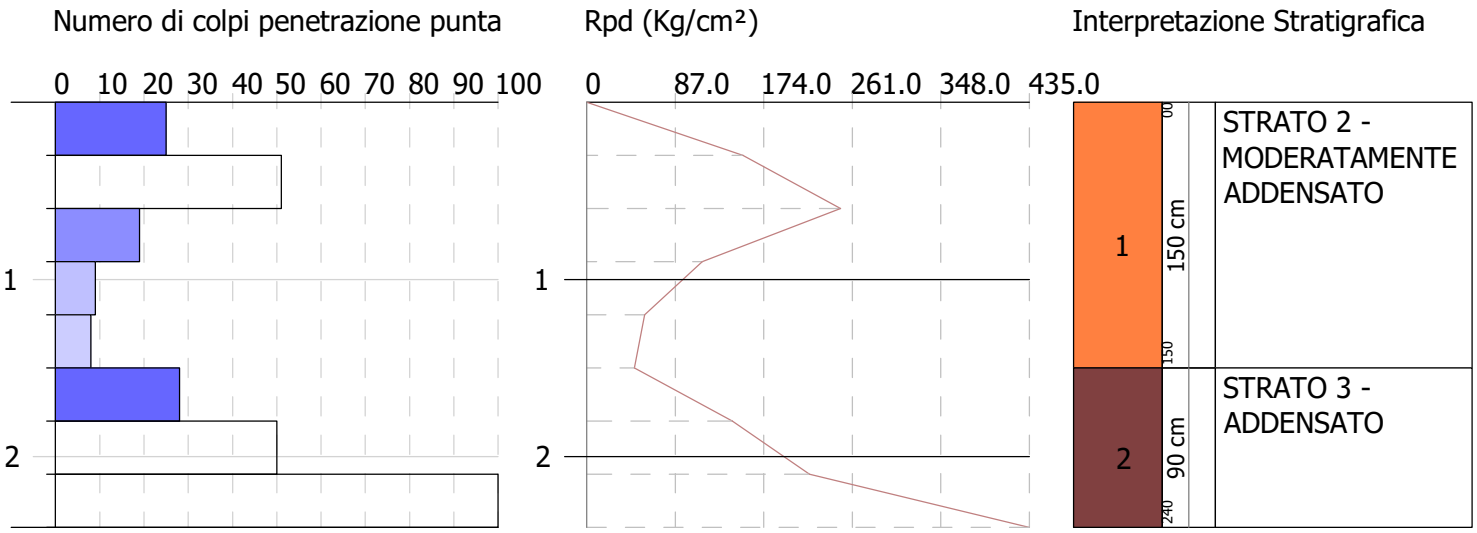
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt10
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

24-02-2025

Scala 1:50



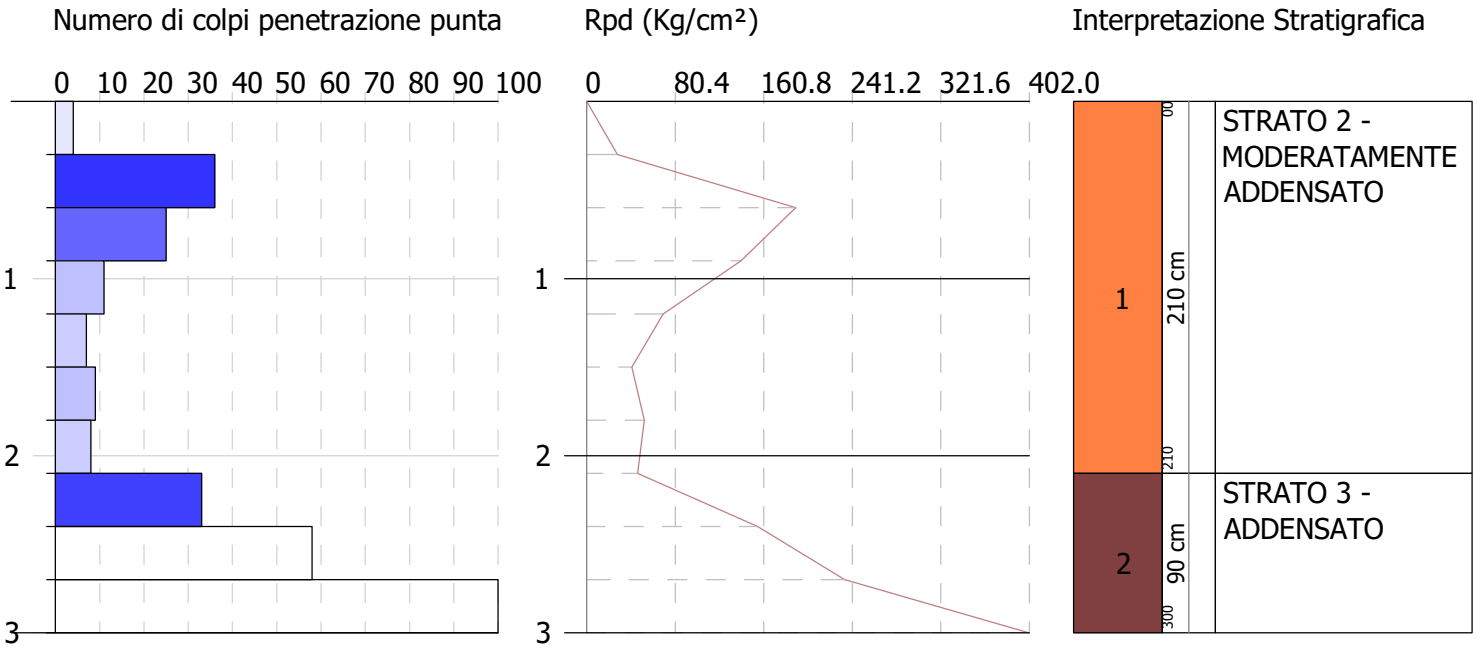
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt11
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

25-02-2025

Scala 1:50



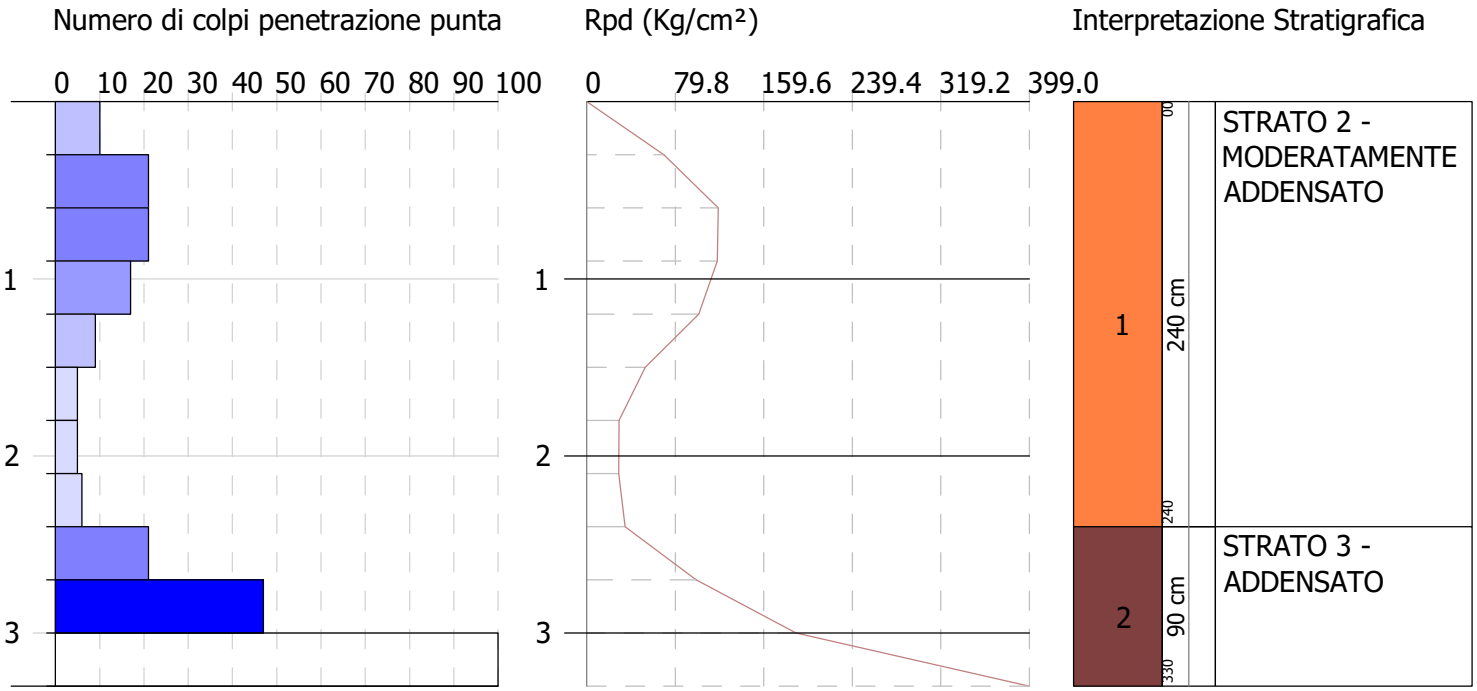
STUDIO GEOLOGIA LUONI
VIA TORINO 12 - BUSTO ARSIZIO (VA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA scpt12
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi presso sito Aruba
Localita': Via San Clemente, Ponte San Pietro (BG)

24-02-2025

Scala 1:50



PROVE MASW

Committente: ARUBASTUDIO S.R.L.

Progetto: NUOVI INTERVENTI EDILIZI

Località: VIA SAN CLEMENTE 53 – PONTE SAN PIETRO (BG)

Data indagine: 28/03/2025

Tipo di prova: MASW

CENNI TEORICI

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione

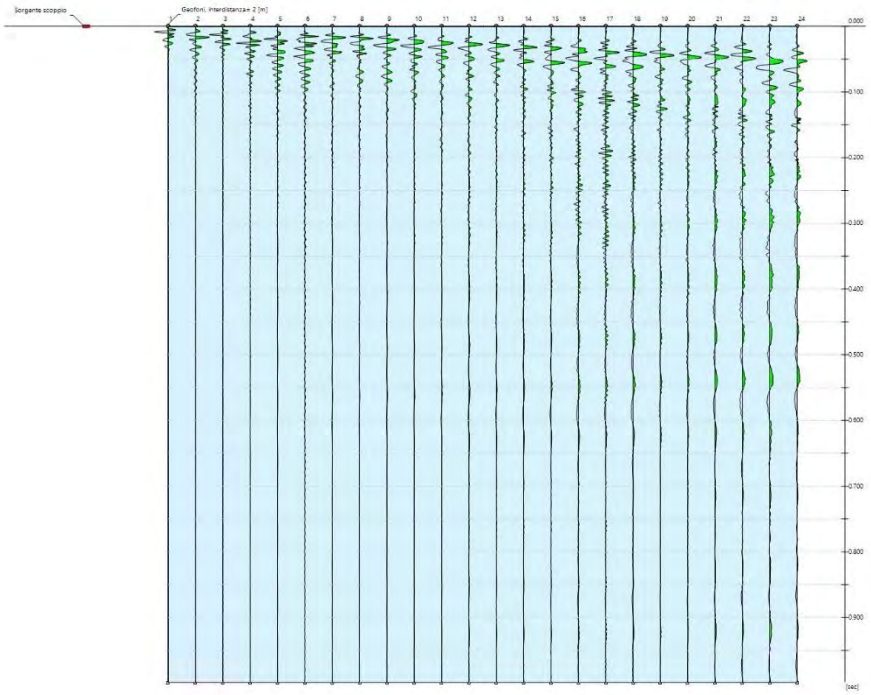
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

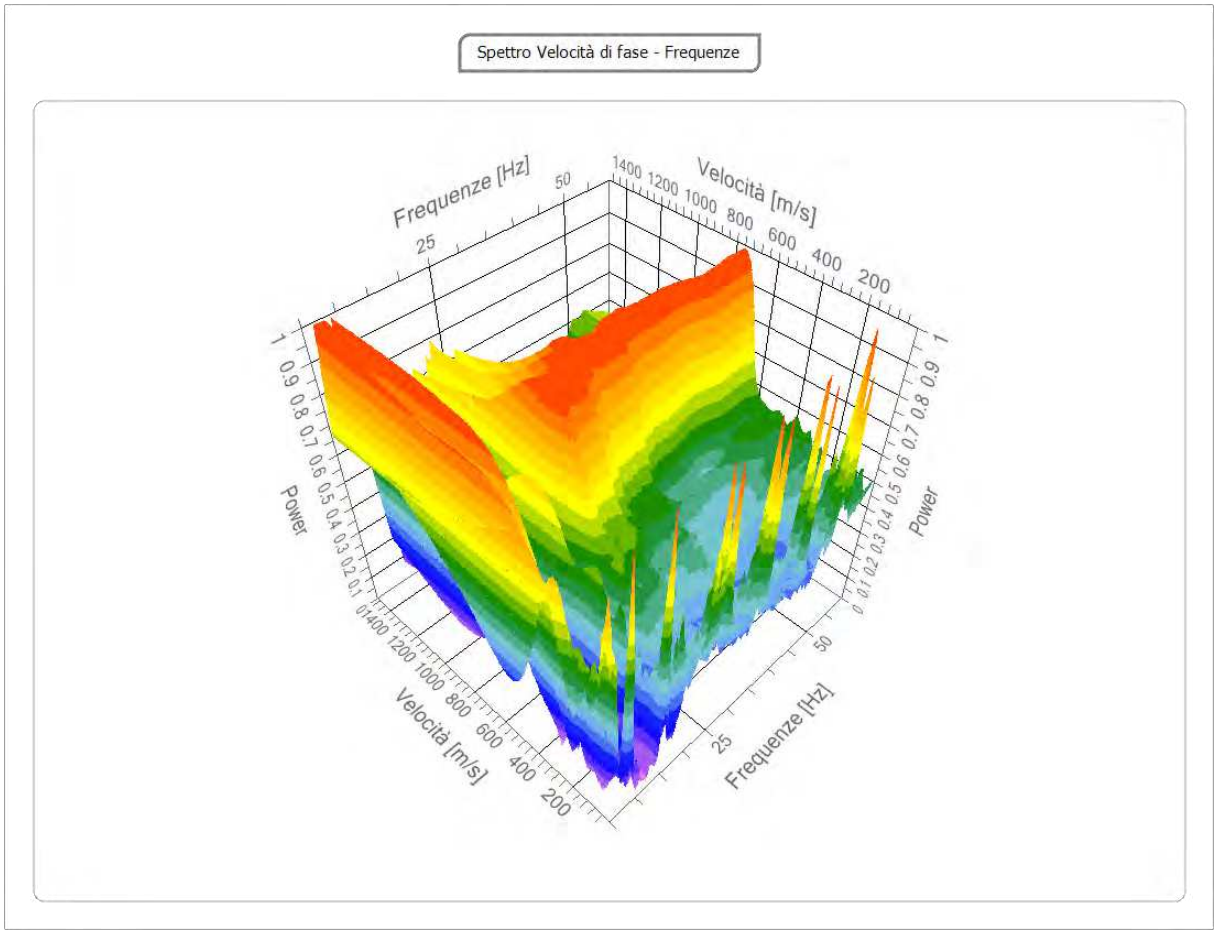
MASW 1

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	999.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.478



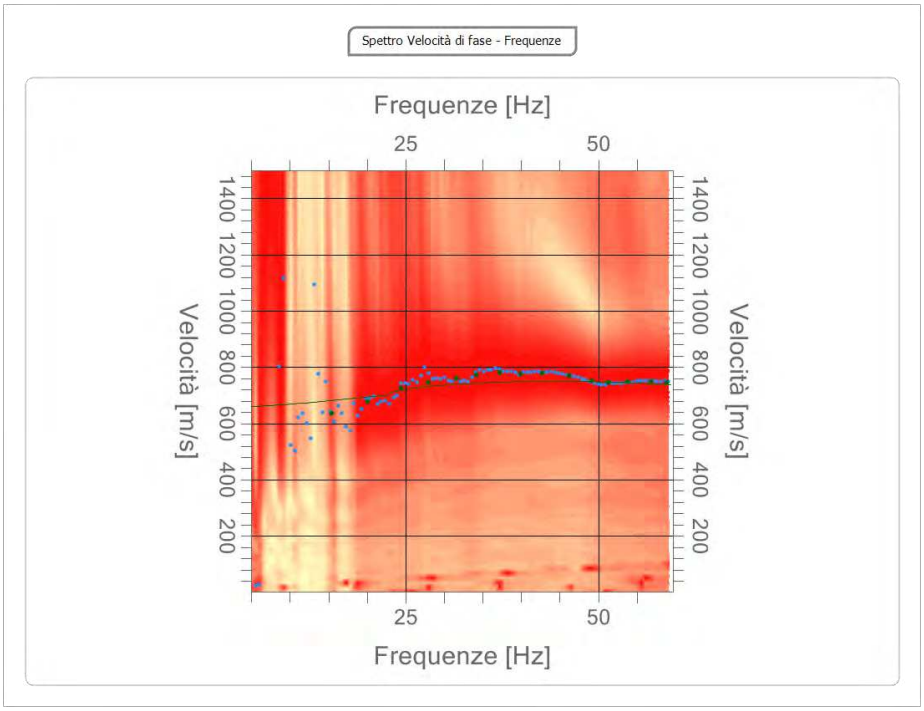
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

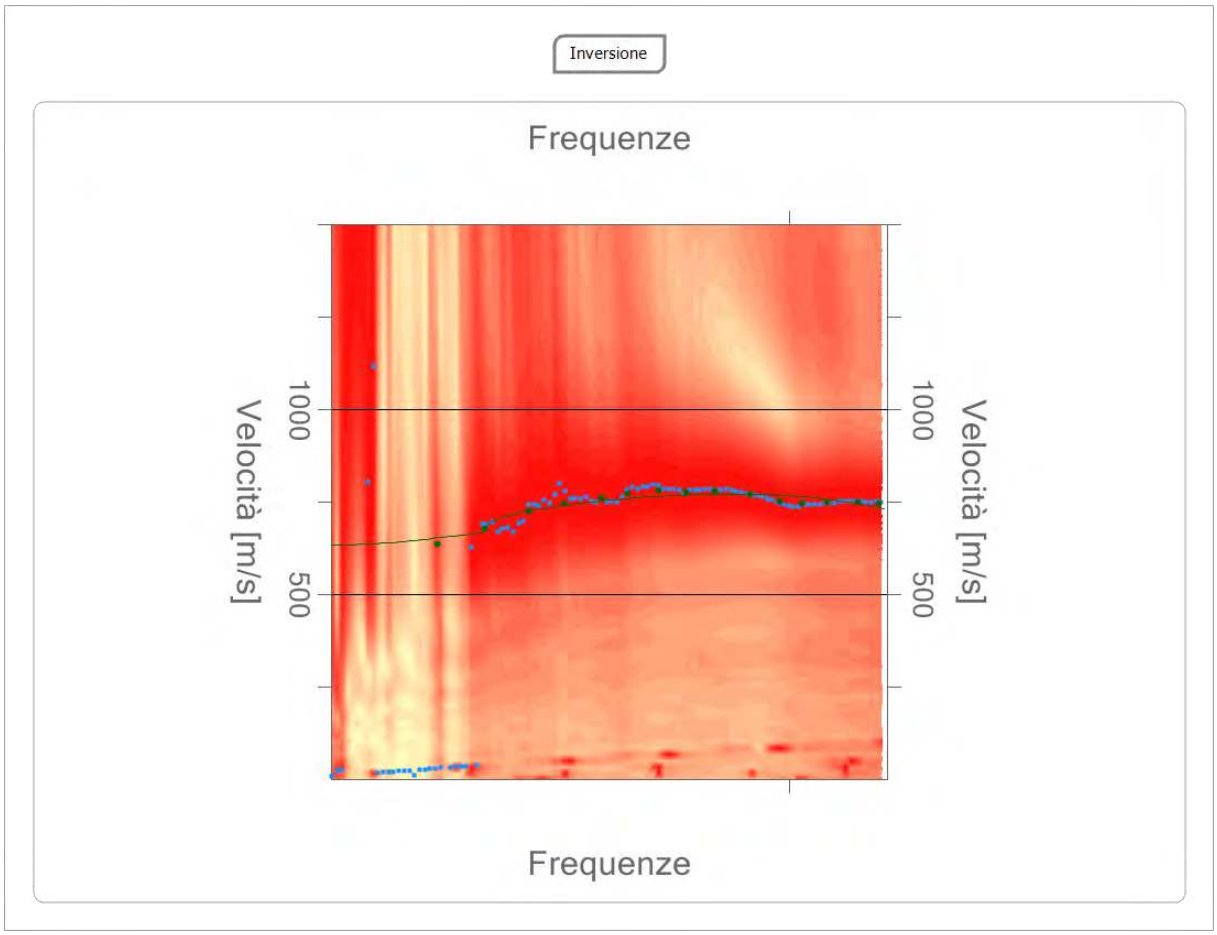
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	15.4	637.2	0
2	20.1	677.6	0
3	24.4	724.1	0
4	27.9	745.8	0
5	31.5	761.4	0
6	34.1	773.8	0
7	37.2	783.1	0
8	39.9	776.9	0
9	42.7	780.0	0
10	46.2	770.7	0
11	49.1	752.1	0
12	51.3	745.8	0
13	53.8	748.9	0
14	56.8	748.9	0
15	58.9	745.8	0

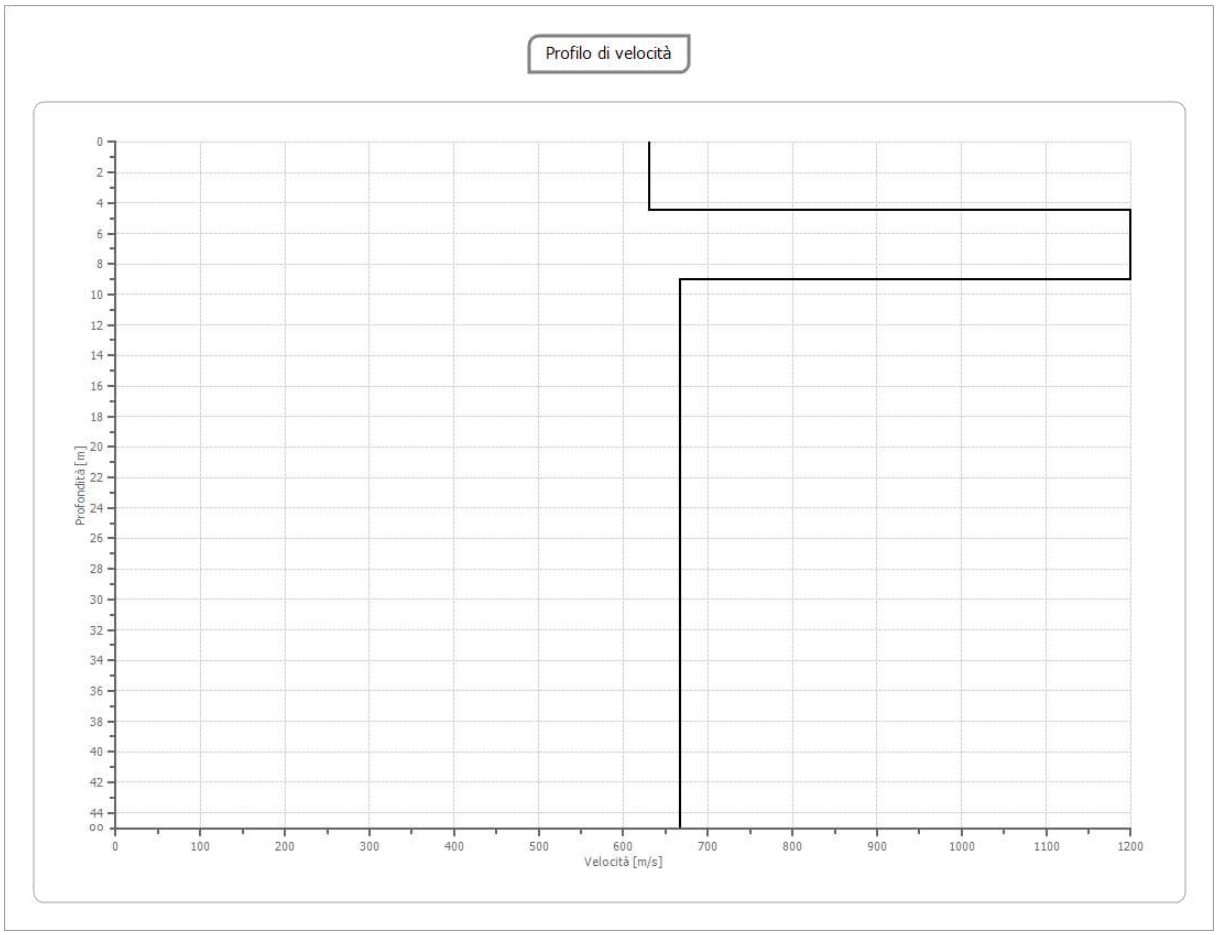


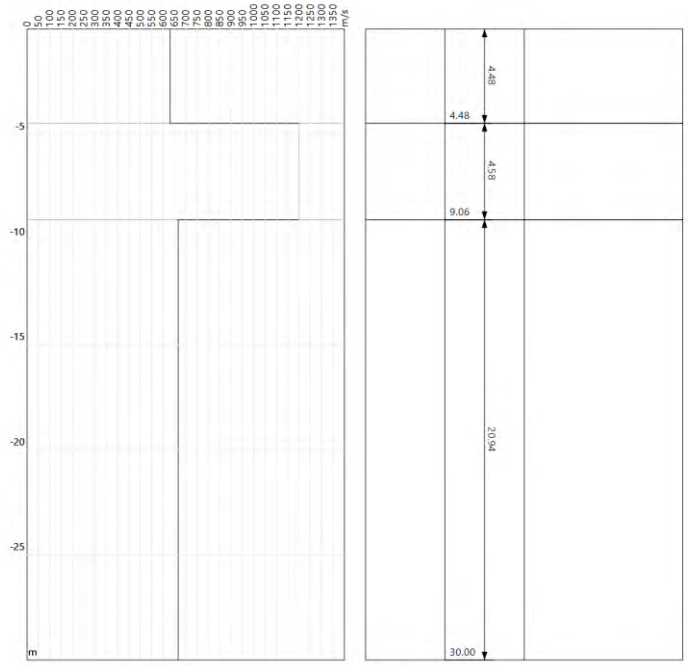
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	4.48	4.48	1800.0	0.30	No	1180.1	630.8
2	9.06	4.58	1800.0	0.30	No	2245.0	1200.0
3	oo	oo	1800.0	0.30	No	1247.1	666.6

Percentuale di errore 0.023 %
Fattore di disadattamento della soluzione 0.015




Profilo di velocità
Profondità [m]
Velocità [m/s]


m/s
m
4.48
4.58
20.94
4.48
9.06
30.00

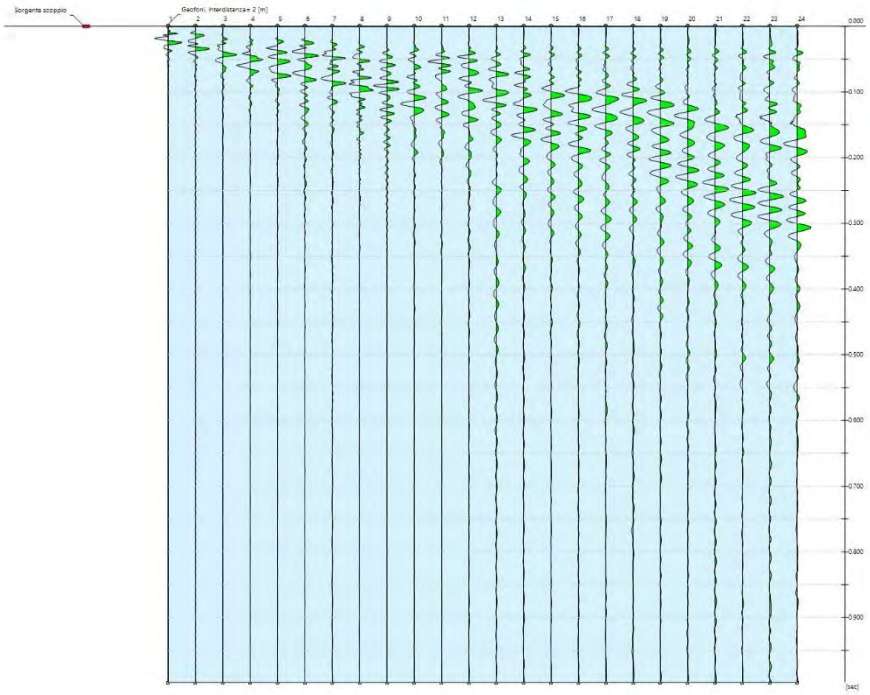
Risultati

Profondità piano di posa fondazioni [m]	0.0
Vs,30 [m/sec]	630.76
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

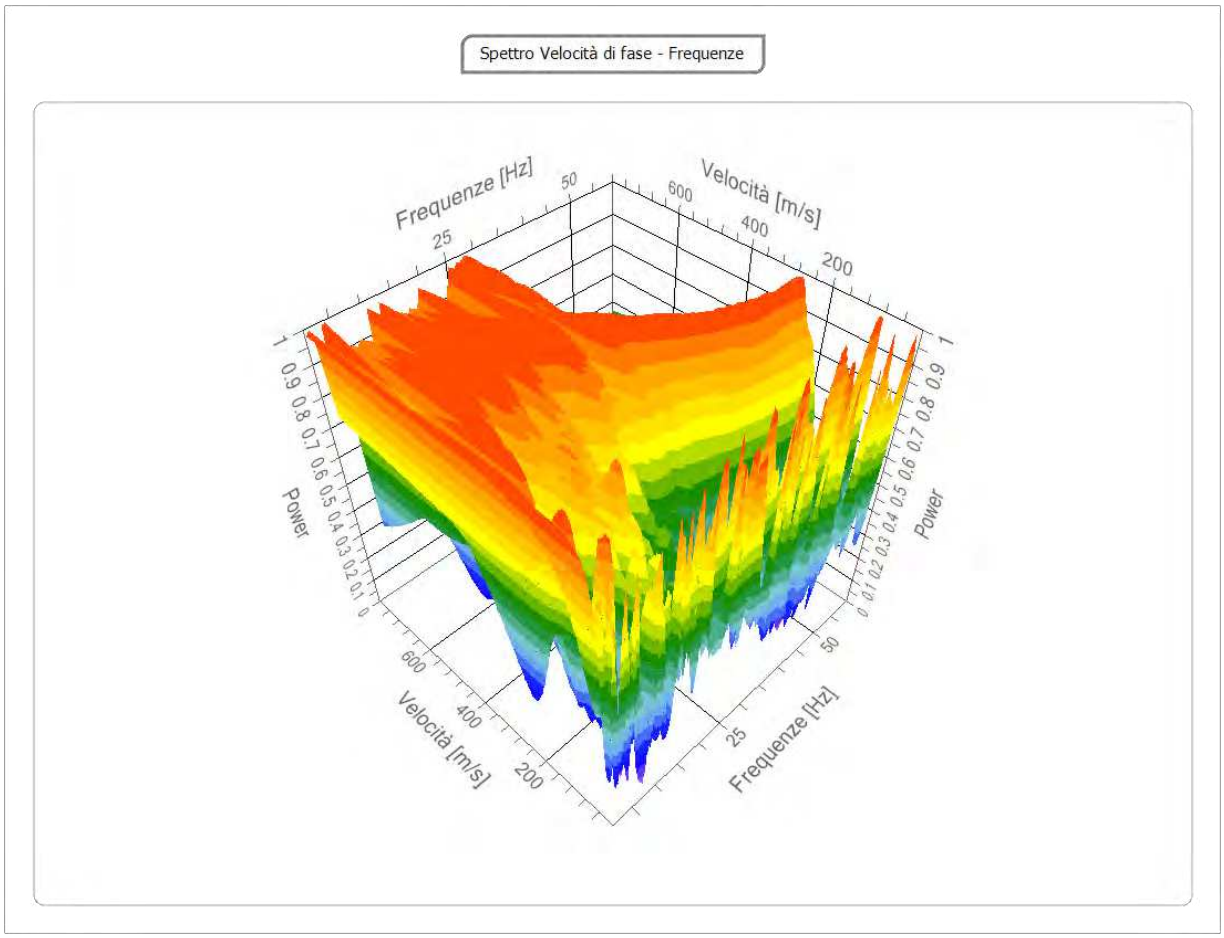
MASW 2

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	999.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.478



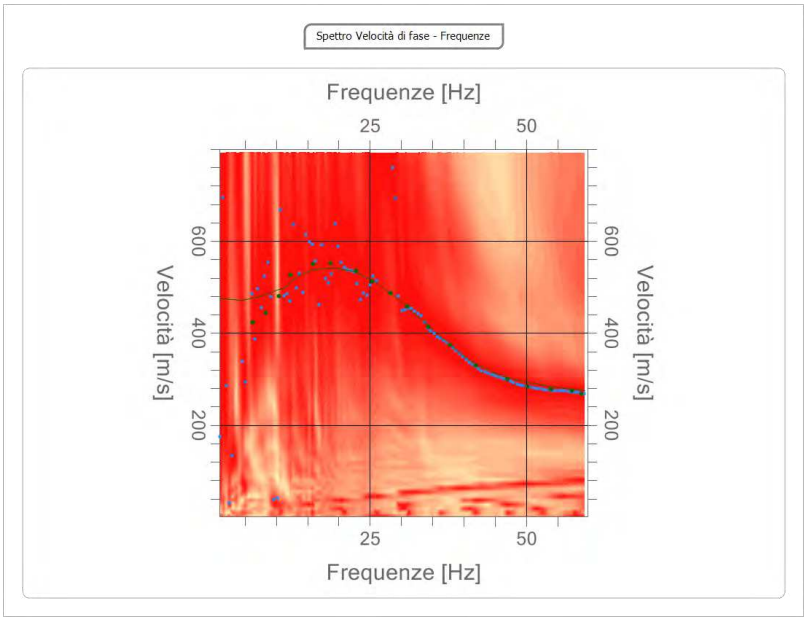
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

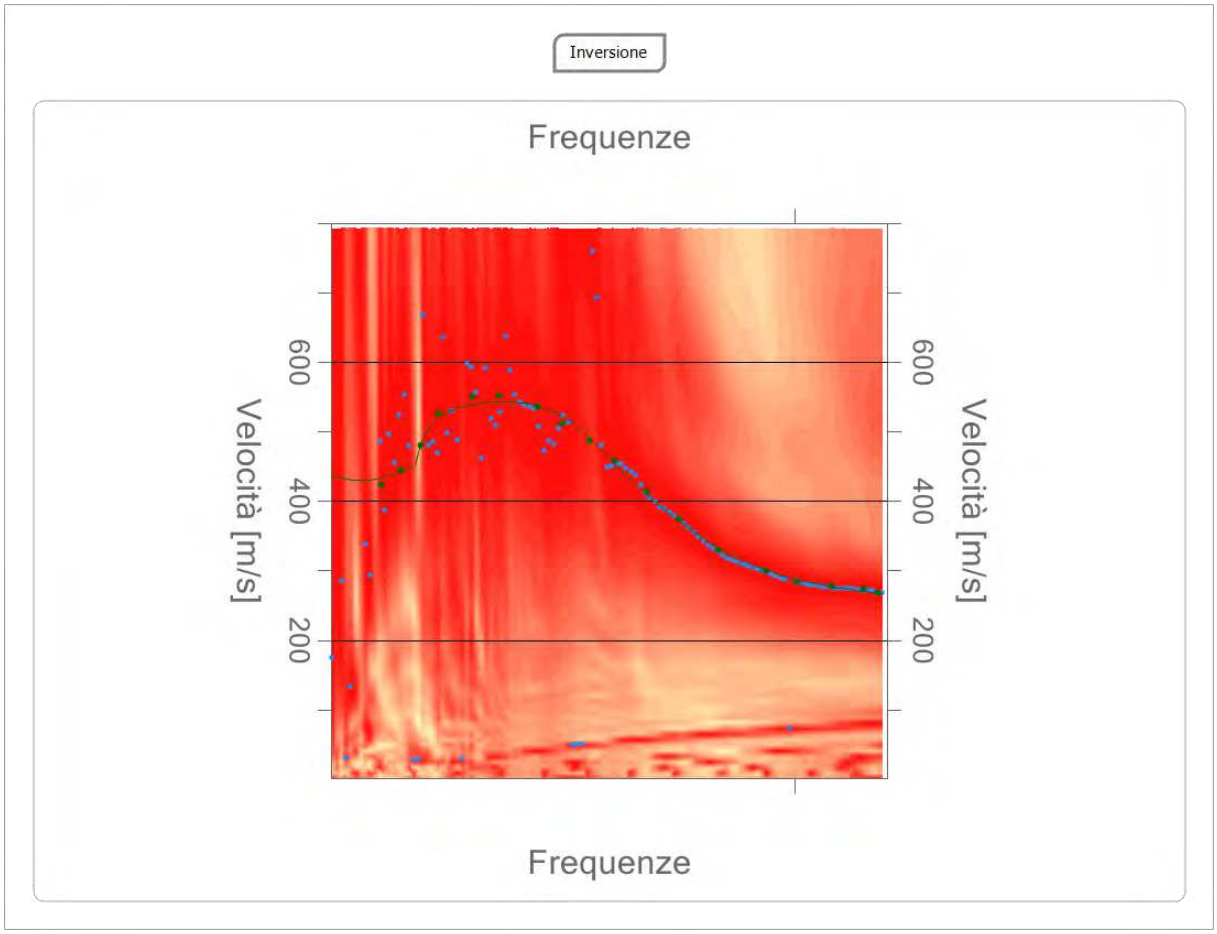
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.2	422.8	0
2	8.4	444.3	0
3	10.5	480.7	0
4	12.3	527.0	0
5	15.9	550.2	0
6	18.7	551.9	0
7	22.8	535.3	0
8	25.4	512.2	0
9	28.3	487.3	0
10	31.0	457.6	0
11	34.4	414.6	0
12	37.8	374.9	0
13	41.9	330.2	0
14	46.9	300.4	0
15	50.1	283.9	0
16	53.9	277.3	0
17	57.3	274.0	0
18	58.8	269.0	0

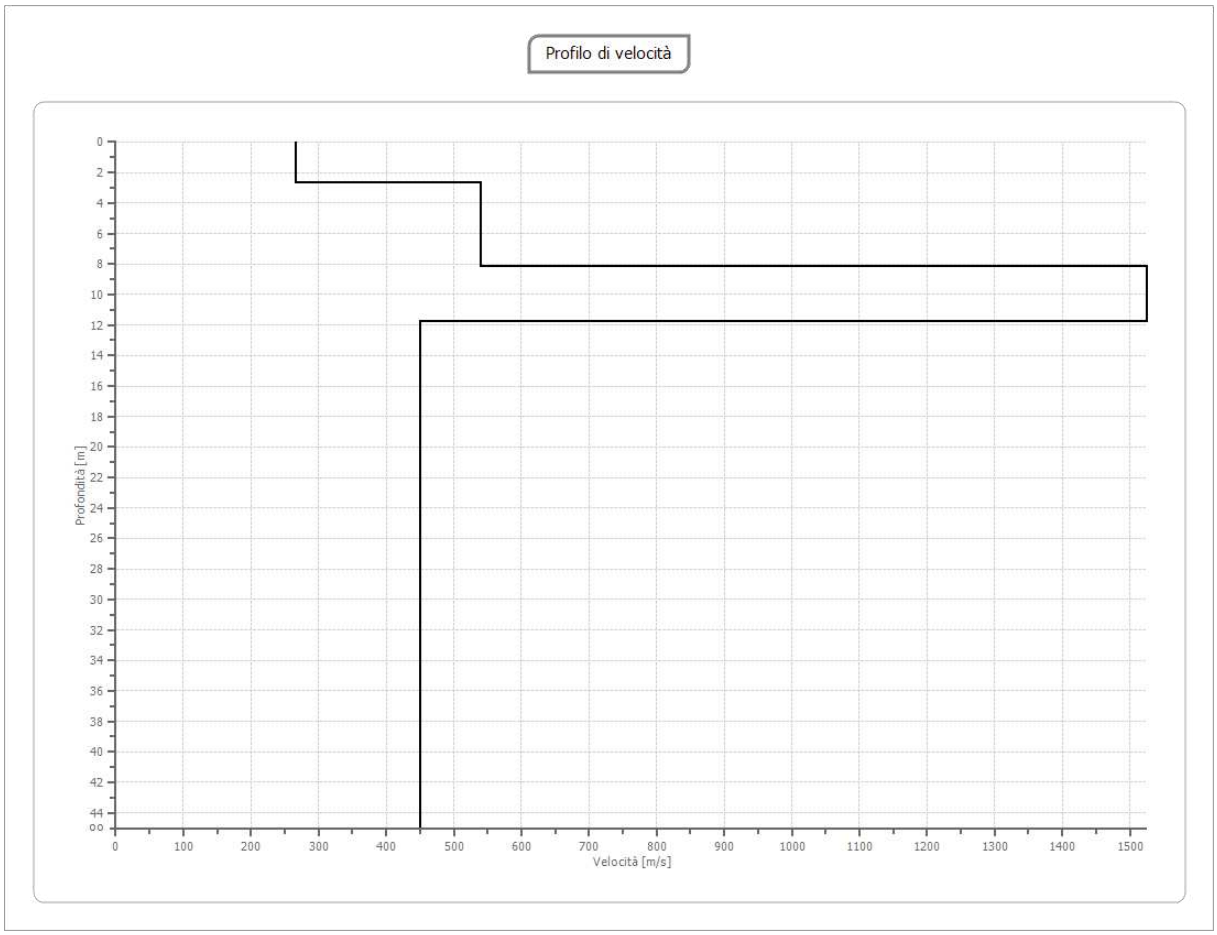


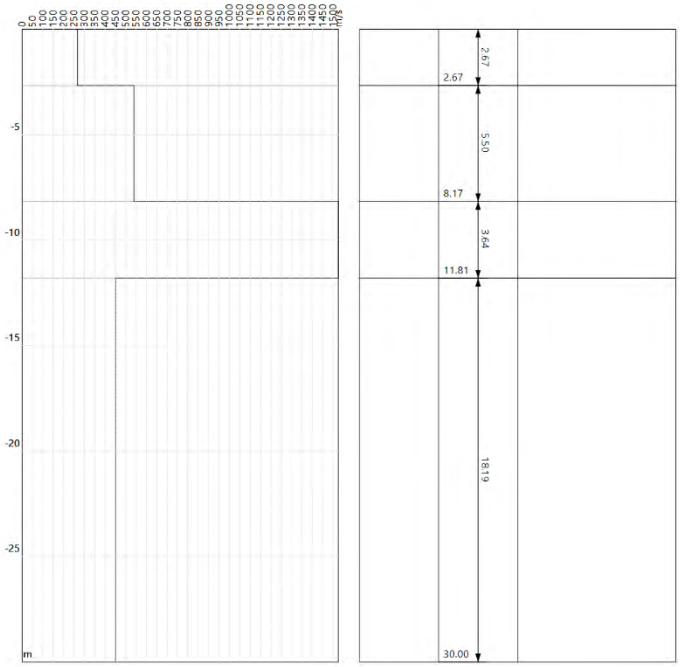
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.67	2.67	1800.0	0.30	No	499.3	266.9
2	8.17	5.50	1800.0	0.30	No	1010.8	540.3
3	11.81	3.64	1800.0	0.30	No	2854.7	1525.9
4	oo	oo	1800.0	0.30	No	843.5	450.9

Percentuale di errore 0.017 %
Fattore di disadattamento della soluzione 0.012




Profilo di velocità
Profondità [m]
Velocità [m/s]


2.67
5.50
3.64
18.19
2.67
8.17
11.81
30.00
m

Risultati

Profondità piano di posa fondazioni [m]	0.0
Vs,30 [m/sec]	404.86
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

STRATIGRAFIE

STUDIO LUONI GEOLOGIA
consulenze e servizi

Committente Arubastudio S.r.l.	**Profondità raggiunta** 15 m	**Quota Ass. P.C.** 230 m	**Inizio/Fine Esecuzione** 25/03/2025
Operatore A4e S.r.l.	**Indagine** Nuovi interventi edilizi	**Luogo indagine** Sito Aruba Ponte S. Pietro	**Tipo Sonda** Comacchio GEO305
Responsabile dott. Ranieri Tenti Lorenzo	**Sondaggio** S1	**Tipo Carotaggio** Carotaggio	**Note**

Profondità (mt)	Litologia	Descrizione	Spessore (m)	S.P.T. (n° Colpi)	Falda	prove Lefranc	Note
-0.5 -1.0		Sabbia e ghiaia, colore marrone.	-1.60			K=1.43*10^-4	
-1.5 -2.0 -2.5 -3.0 -3.5 -4.0 -4.5 -5.0 -5.5 -6.0 -6.5		Conglomerato (Formazione del Ceppo).	-7.00	RIF. -4.50 PC RIF -6.00 PC		-1.50 K=6.75*10^-5 -3.00 K=1.26*10^-4 -6.00	
-7.0 -7.5 -8.0 -8.5 -9.0 -9.5		Intercalazioni di livelli centimetrici di conglomerato poco compatto e ghiaia sabbia.	-10.00	RIF -7.50 PC RIF -9.00 PC			
-10.0 -10.5 -11.0 -11.5 -12.0 -12.5		Sabbia e ghiaia con ciottoli.	-13.00	RIF -10.50 PC RIF -12.00 PC			
-13.0 -13.5 -14.0 -14.5		Sabbia e ghiaia con ciottoli, limo in tracce.	-15.00	RIF -13.50 PC RIF -15.00 PC			
-15.0 -15.5							

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Carotaggio
Sonda: Comacchio GEO305

STUDIO LUONI GEOLOGIA
consulenze e servizi

Committente Arubastudio S.r.l.	**Profondità raggiunta** 15 m	**Quota Ass. P.C.** 230 m	**Inizio/Fine Esecuzione** 24/03/2025
Operatore A4e S.r.l.	**Indagine** Nuovi interventi edilizi	**Luogo indagine** Sito Aruba Ponte S. Pietro	**Tipo Sonda** Comacchio GEO305
Responsabile dott. Ranieri Tenti Lorenzo	**Sondaggio** S2	**Tipo Carotaggio** Carotaggio	**Note**

Profondità (mt)	Litologia	Descrizione	Spessore (m)	S.P.T. (n° Colpi)	Falda	prove Lefranc	Note
-0.5 -1.0 -1.5 -2.0 -2.5		Sabbia e ghiaia con ciottoli, colore marrone.	-2.80				
-3.0 -3.5 -4.0 -4.5 -5.0		Conglomerato (Formazione del Ceppo).	-5.40	36-25-37 -4.50 PC			
-5.5 -6.0 -6.5		Intercalazioni di livelli centimetrici di conglomerato poco compatto e ghiaia sabbia.	-7.10	22-31-47 -6.00 PC			
-7.0 -7.5 -8.0 -8.5 -9.0 -9.5 -10.0 -10.5 -11.0 -11.5 -12.0		Ghiaia e sabbia con ciottoli, limo in tracce.	-12.40	RIF -7.50 PC 29-32-43 -9.00 PC RIF -10.50 PC RIF -12.00 PC			
-12.5 -13.0 -13.5 -14.0 -14.5		Intercalazioni di livelli centimetrici di conglomerato poco compatto e ghiaia sabbia.	-15.00	RIF -13.50 PC RIF -15.00 PC			
-15.0 -15.5							

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Carotaggio
Sonda: Comacchio GEO305

STUDIO LUONI GEOLOGIA
consulenze e servizi

Committente Arubastudio S.r.l.	**Profondità raggiunta** 1.5 m	**Quota Ass. P.C.** 230 m	**Inizio/Fine Esecuzione** 24/02/2025
Operatore	**Indagine** Nuovi interventi edilizi	**Luogo indagine** Sito Aruba Ponte S. Pietro	**Tipo Sonda** Escavatore meccanico
Responsabile dott. Ranieri Tenti Lorenzo	**Sondaggio** Sc1	**Tipo Carotaggio** scavo	**Note**

Profondità (mt)	Litologia	Descrizione	Spessore (m)	Campioni	Falda	Note
		Pavimentazione in CLS.	-0.10			
		RIEMPIMENTO: Sabbia e ghiaia. Presenza abbondante di laterizi. Colore variabile dal tortora al marrone.	-0.50			
-0.5		Trave di fondazione. Sporgenza 40cm, altezza 40cm, posa -90cm da p.c..	-0.90			
-1.0		TERRENO NATURALE: Sabbia e ghiaia, colore marrone.	-1.50			
-1.5						

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Carotaggio: scavo
Sonda: Escavatore meccanico

STUDIO LUONI GEOLOGIA
consulenze e servizi

Committente Arubastudio S.r.l.	**Profondità raggiunta** 1.5 m	**Quota Ass. P.C.** 130 m	**Inizio/Fine Esecuzione** 24/02/2025
Operatore	**Indagine** Nuovi interventi edilizi	**Luogo indagine** Sito Aruba Ponte S. Pietro	**Tipo Sonda** Escavatore meccanico
Responsabile dott. Ranieri Tenti Lorenzo	**Sondaggio** Sc2	**Tipo Carotaggio** scavo	**Note**

Profondità (mt)	Litologia	Descrizione	Spessore (m)	Campioni	Falda	Note
		Pavimentazione in CLS.	-0.10			
-0.5		RIEMPIMENTO: Sabbia e ghiaia. Presenza abbondante di laterizi. Colore variabile dal tortora al marrone.	-1.00			
-1.0		Trave di fondazione. Sporgenza 40cm, altezza 40cm, posa -140cm da p.c..	-1.40			
-1.5		TERRENO NATURALE: Sabbia e ghiaia, colore marrone.	-1.70			

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Carotaggio: scavo
Sonda: Escavatore meccanico

STUDIO LUONI GEOLOGIA
consulenze e servizi

Committente Arubastudio S.r.l.	**Profondità raggiunta** 1.5 m	**Quota Ass. P.C.** 230 m	**Inizio/Fine Esecuzione** 24/02/2025
Operatore	**Indagine** Nuovi interventi edilizi	**Luogo indagine** Sito Aruba Ponte S. Pietro	**Tipo Sonda** Escavatore meccanico
Responsabile dott. Ranieri Tenti Lorenzo	**Sondaggio** Sc3	**Tipo Carotaggio** scavo	**Note**

Profondità (mt)	Litologia	Descrizione	Spessore (m)	Campioni	Falda	Note
		Pavimentazione in CLS.	-0.10			
-0.5		RIEMPIMENTO: Sabbia e ghiaia. Presenza abbondante di laterizi. Colore marrone.	-0.70			
-1.0		Trave di fondazione. Sporgenza 40cm, altezza 40cm, posa -110cm da p.c..	-1.10			
-1.5		TERRENO NATURALE: Sabbia e ghiaia, colore marrone.	-1.50			

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Carotaggio: scavo
Sonda: Escavatore meccanico

PROVE DI PERMEABILITA’

Criteri esecutivi

All'interno del sito è stata una indagine idrogeologica che ha permesso di definire la permeabilità dei terreni, tramite l'esecuzione di sondaggi geognostici (codificati S1 e S2) con prove Lefranc effettuate entro il foro, in fase di avanzamento.
Le attività di indagine sono state eseguite a cura della ditta *A4e S.r.l.,* con la supervisione dello scrivente.
Le prove (K1 K2 e K3), eseguite lungo la verticale del sondaggio S1, hanno consentito di determinare la permeabilità dei terreni al di sopra del livello di falda (insaturo).

In generale per l'esecuzione delle prove è necessario che:

- le pareti della perforazione siano rivestite con una tubazione per tutto il tratto del sondaggio non interessato dalla prova;
- nel caso di terreni con tendenza al franamento il tratto di prova deve essere riempito con materiale filtrante di granulometria adatta ed isolato mediante un tampone impermeabile.

Le prove sono state eseguite a carico variabile, che si dividono in *Prove di risalita* e *Prove di abbassamento*.
Le prove di risalita si eseguono abbassando il livello dell'acqua nel foro di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello. Le prove di abbassamento si eseguono riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello. Le prove di abbassamento possono essere eseguite anche nel terreno al di sopra del livello di falda; in questo caso il terreno deve essere preventivamente saturato.

Secondo le Raccomandazioni A.G.I. (1977), per le prove a carico variabile il coefficiente di permeabilità è dato dalla:

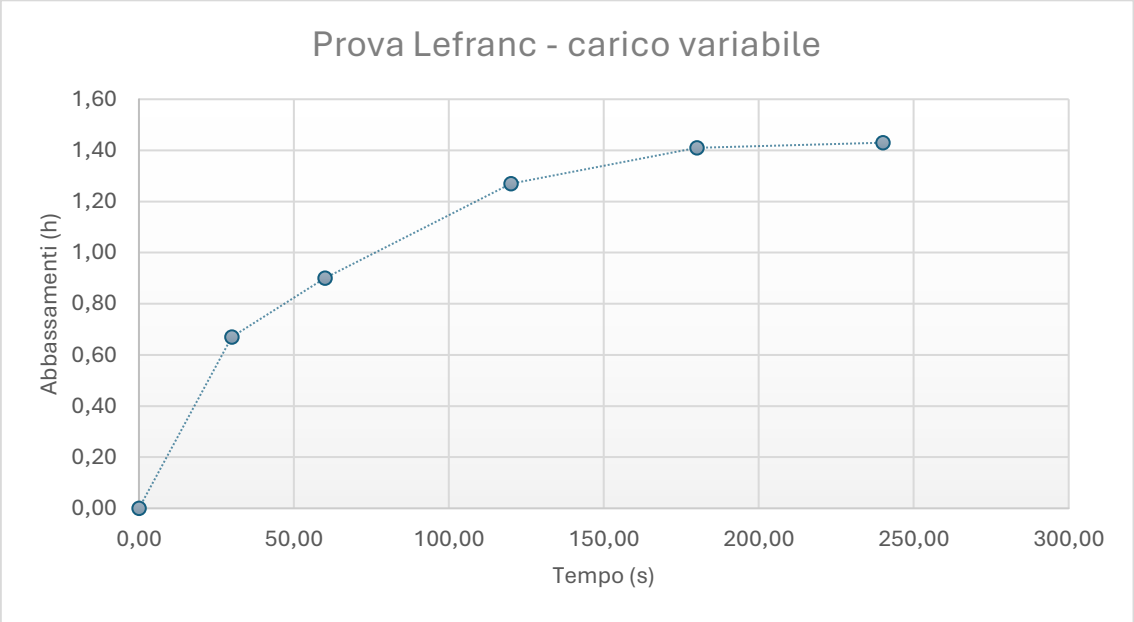
$$k = [A / C_L (t_2 - t_1)] \times \ln(h_1/h_2)$$

con
A = area di base del foro di sondaggio;
h1 e h2 = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t1 e t2;
t1 e t2 = tempi ai quali si misurano h1 e h2;
CL = coefficiente di forma dipendente dell'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.
Per il coefficiente CL sono suggeriti i seguenti valori:
L >> d CL = L
L≤ d CL = 2πd+L
dove L è la lunghezza del tratto di foro scoperto e d il diametro del foro.

Risultati

PROVA K1 (SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1)

Profondità prova: 1.5 m da quota inizio S1			
N. lettura	**tempo (s)**	**h (m)**	**H da fondo foro**
1	0.00	0.00	2.00
2	30.00	0.67	1.33
3	60.00	0.90	1.10
4	120.00	1.27	0.73
5	180.00	1.41	0.59
6	240.00	1.43	0.57
7	300.00	1.43	0.57
8	360.00	1.45	0.55
9	480.00	1.45	0.55

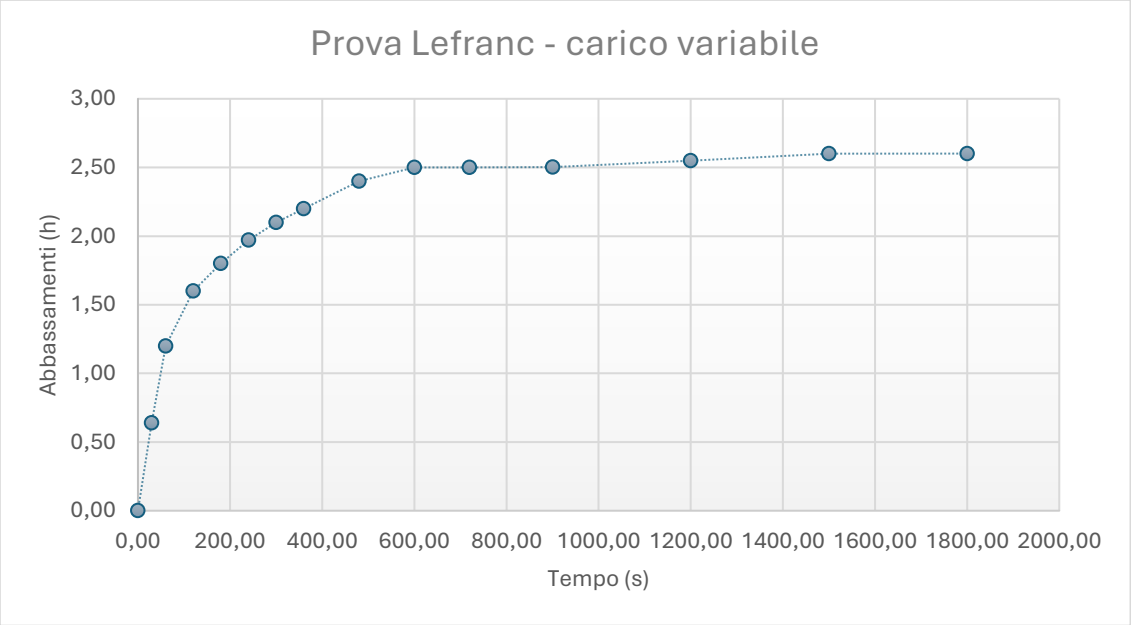


Risultati K1	
VALORE PERMEABILITA'	**Permeabilità k (m/s): 0,000143**
GIUDIZIO PERMEABILITA'	**Terreni da semipermeabili a permeabili**

K (m/s)		10^{1}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Granulometria	omogenea	Ghiaia				Sabbia		Sabbia molto fine			Silt		Argilla	
	varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia				Sabbia e argilla e limi						
Gradi di permeabilità		Elevata						Bassa					Nulla	
Tipi di formazioni		Permeabili						Semi-permeabili					Imper.	

PROVA K2 (SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1)

Profondità prova: 3 m da quota inizio S1			
N. lettura	tempo (s)	h (cm)	H da fondo foro
1	0.00	0.00	3.50
2	30.00	0.64	2.86
3	60.00	1.20	2.30
4	120.00	1.60	1.90
5	180.00	1.80	1.70
6	240.00	1.97	1.53
7	300.00	2.10	1.40
8	360.00	2.20	1.30
9	480.00	2.40	1.10
10	600.00	2.50	1.00
11	720.00	2.50	1.00
12	900.00	2.50	1.00
13	1200.00	2.55	0.95
14	1500.00	2.60	0.90
15	1800.00	2.60	0.90

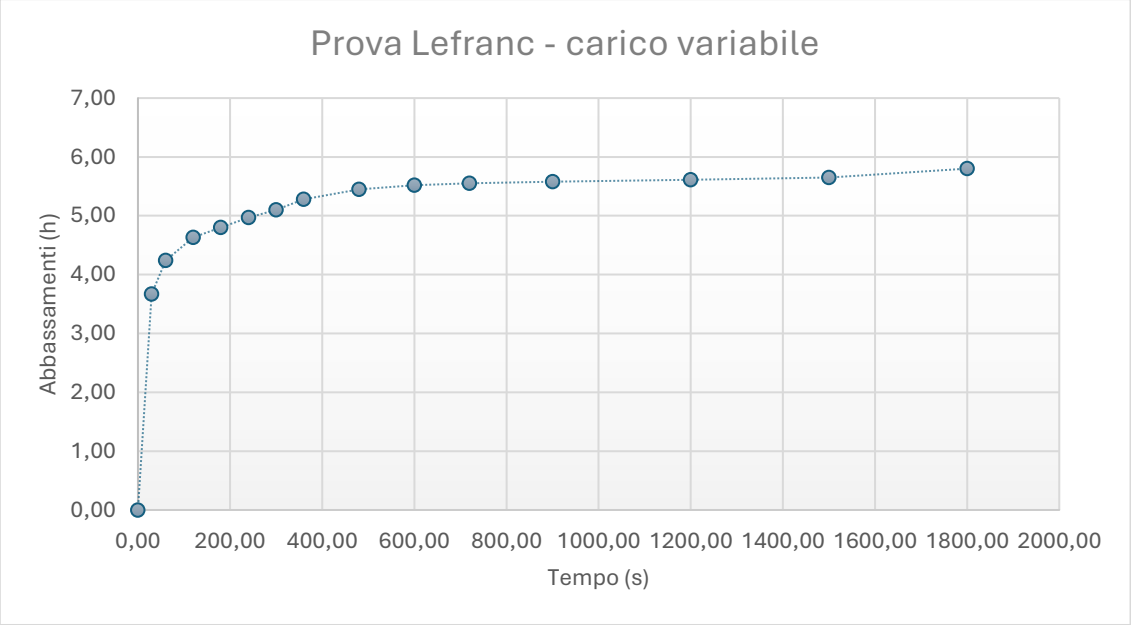


Risultati K2	
VALORE PERMEABILITA'	Permeabilità k (m/s): 0,0000675
GIUDIZIO PERMEABILITA'	Terreni semipermeabili

K (m/s)		10^{1}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Granulometria	omogenea	Ghiaia				Sabbia		Sabbia molto fine			Silt		Argilla	
	varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia				Sabbia e argilla e limi						
Gradi di permeabilità		Elevata						Bassa					Nulla	
Tipi di formazioni		Permeabili						Semi-permeabili					Imper.	

PROVA K3 (SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1)

Profondità prova: 6 m da quota inizio S1			
N. lettura	tempo (s)	h (cm)	H da fondo foro
1	0.00	0.00	3.50
2	30.00	0.64	2.86
3	60.00	1.20	2.30
4	120.00	1.60	1.90
5	180.00	1.80	1.70
6	240.00	1.97	1.53
7	300.00	2.10	1.40
8	360.00	2.20	1.30
9	480.00	2.40	1.10
10	600.00	2.50	1.00
11	720.00	2.50	1.00
12	900.00	2.50	1.00
13	1200.00	2.55	0.95
14	1500.00	2.60	0.90
15	1800.00	2.60	0.90



Risultati K2	
VALORE PERMEABILITA'	Permeabilità k (m/s): 0,000126
GIUDIZIO PERMEABILITA'	Terreni da semipermeabili a permeabili

K (m/s)		10^{1}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Granulometria	omogenea	Ghiaia				Sabbia		Sabbia molto fine			Silt		Argilla	
	varia	Ghiaia grossa e media		Ghiaia e sabbia				Sabbia e argilla e limi						
Gradi di permeabilità		Elevata						Bassa					Nulla	
Tipi di formazioni		Permeabili						Semi-permeabili					Imper.	

Sintesi dei risultati

PROVA LEFRANC	TIPO PROVA	PROFONDITA'	Permeabilità K
K1 – S1	carico variabile	-1.5 m	1.43×10^{-4} m/s
K2 – S1		-3.0 m	6.75×10^{-5} m/s
K3 – S1		-6.0 m	1.26×10^{-4} m/s

Valore medio del coefficiente di permeabilità pari a circa **1.12×10^{-4} m/s**.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Scavi Esplorativi

SC1

SC2

SC3

Sondaggi geognostici

S1

5
6
7
8
9
6
7
8
9
10
PONTE S. PIETRO (BERGAMO)
25/03/25
S1

10
11
12
13
14
11
12
13
14
15
25/03/25
PONTE S/ PIETRO
S1

S2

PONTE S.PIETRO (BERGAMO) ARUBAIT
S2
24/03/25

PONTE S.PIETRO (BERGAMO) ARUBAIT
S2
24/03/25

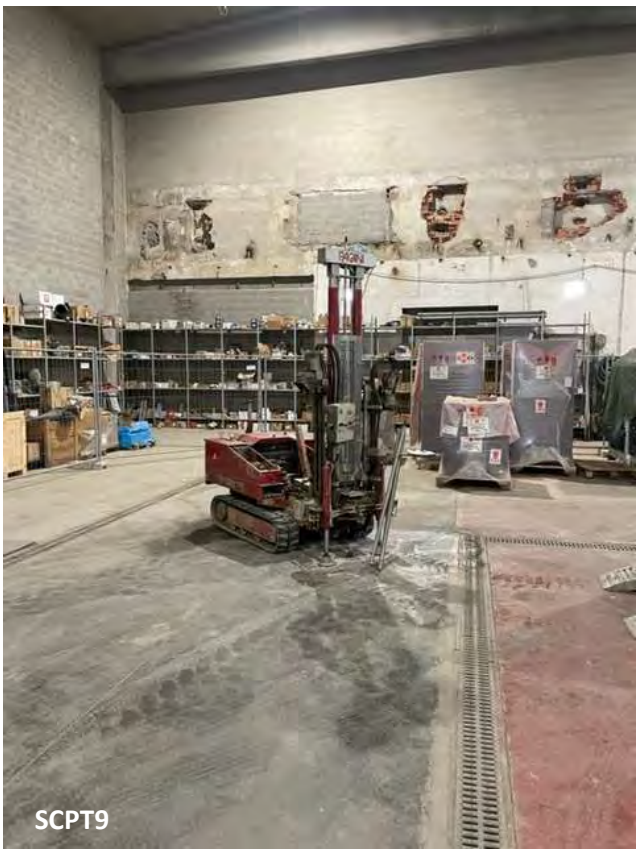
Prove penetrometriche dinamiche

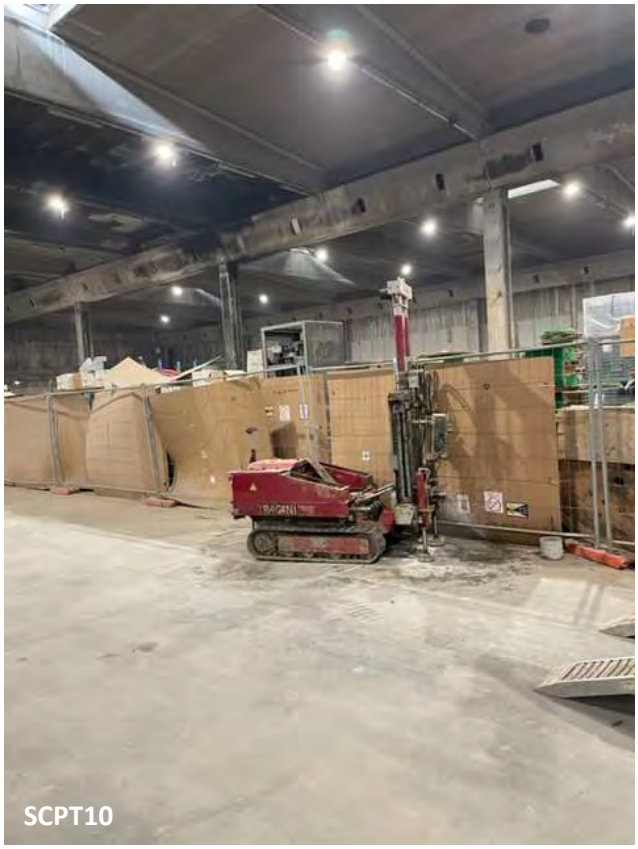
SCPT5

SCPT6

SCPT7

SCPT8


SCPT9


SCPT10

SCPT11

SCPT12

Prove Masw

PARAMETRI GEOTECNICI

Committente: ARUBASTUDIO S.r.l.
Descrizione: Nuovi interventi edilizi
Localita': Via San Clemente 53, Ponte San Pietro (BG)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	73	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	0.63	Kg
Diametro punta conica	51.00	mm
Area di base punta	20.43	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6.31	Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40	m
Avanzamento punta	0.30	m
Numero colpi per punta	N(30)	
Coeff. Correlazione	1.5	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90	°

PROVA scpt1

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 3.00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	5	0.853	34.78	40.79
0.60	5	0.847	32.02	37.80
0.90	3	0.842	19.09	22.68
1.20	2	0.836	12.65	15.12
1.50	4	0.831	23.42	28.18
1.80	7	0.826	40.75	49.32
2.10	7	0.822	40.52	49.32
2.40	4	0.817	23.03	28.18
2.70	23	0.713	108.13	151.70
3.00	100	0.609	401.46	659.56

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.4	28.79	Incoerente	1.62	1.9	1.5	5.74	STRATO 1 - POCO ADDENSATO
3	151.7	Incoerente	2.21	2.11	1.5	34.5	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt1

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-2.40	5.74	Meyerhof 1957	53.2
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.40-3.00	34.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-2.40	5.74	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	28.64
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.40-3.00	34.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	36.86

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-2.40	5.74	Schultze-Menzenbach Sabbia media	101.23
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.40-3.00	34.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	492.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-2.40	5.74	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.40-3.00	34.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-2.40	5.74	Terzaghi-Peck 1948	1.42
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.40-3.00	34.50	Terzaghi-Peck 1948	1.74

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-2.40	5.74	Terzaghi-Peck 1948	1.89
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.40-3.00	34.50	Terzaghi-Peck 1948	2.08

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-2.40	5.74	(A.G.I.)	0.34
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.40-3.00	34.50	(A.G.I.)	0.29

PROVA scpt2

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 1.50 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	5	0.853	34.78	40.79
0.60	6	0.847	38.42	45.36
0.90	5	0.842	31.81	37.80
1.20	18	0.786	107.00	136.09
1.50	100	0.631	444.69	704.52

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.9	41.32	Incoerente	1.72	1.92	1.5	7.99	STRATO 1 - POCO ADDENSATO
1.2	136.09	Incoerente	2.16	2.06	1.5	27	STRATO 2 - MOERATAMENTE ADDENSATO
1.5	0	Incoerente	1.3	1.86	1.5	0	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt2
TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	7.99	0.00-0.90	7.99	Meyerhof 1957	67.32
STRATO 2 - MOERATAMENTE ADDENSATO	27.00	0.90-1.20	27.00	Meyerhof 1957	100
STRATO 3 - ADDENSATO	0.00	1.20-1.50	0.00	Meyerhof 1957	0

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	7.99	0.00-0.90	7.99	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29.28
STRATO 2 - MOERATAMENTE ADDENSATO	27.00	0.90-1.20	27.00	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	34.71
STRATO 3 - ADDENSATO	0.00	1.20-1.50	0.00	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	27

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	7.99	0.00-0.90	7.99	Schultze-Menzenbach Sabbia media	111.35
STRATO 2 - MOERATAMENTE ADDENSATO	27.00	0.90-1.20	27.00	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	403.90
STRATO 3 - ADDENSATO	0.00	1.20-1.50	0.00	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	---

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	7.99	0.00-0.90	7.99	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
STRATO 2 - MOERATAMENTE ADDENSATO	27.00	0.90-1.20	27.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	0.00	1.20-1.50	0.00	Classificazione A.G.I	SCIOLTO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	7.99	0.00-0.90	7.99	Terzaghi-Peck 1948	1.45
STRATO 2 - MOERATAMENTE ADDENSATO	27.00	0.90-1.20	27.00	Terzaghi-Peck 1948	1.67
STRATO 3 - ADDENSATO	0.00	1.20-1.50	0.00	Terzaghi-Peck 1948	1.34

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	7.99	0.00-0.90	7.99	Terzaghi-Peck 1948	1.90
STRATO 2 - MOERATAMENTE ADDENSATO	27.00	0.90-1.20	27.00	Terzaghi-Peck 1948	2.04
STRATO 3 - ADDENSATO	0.00	1.20-1.50	0.00	Terzaghi-Peck 1948	1.84

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	7.99	0.00-0.90	7.99	(A.G.I.)	0.34
STRATO 2 - MOERATAMENTE ADDENSATO	27.00	0.90-1.20	27.00	(A.G.I.)	0.3
STRATO 3 - ADDENSATO	0.00	1.20-1.50	0.00	(A.G.I.)	0.35

PROVA scpt3

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 1.80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	14	0.803	91.67	114.20
0.60	4	0.847	25.62	30.24
0.90	21	0.742	117.74	158.77
1.20	24	0.736	133.60	181.46
1.50	37	0.681	177.57	260.67
1.80	100	0.626	441.26	704.52

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	72.22	Incoerente	1.91	1.96	1.5	13.5	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
1.8	200.3	Incoerente	2.23	2.16	1.5	40.99	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt3

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.50	0.00-0.60	13.50	Meyerhof 1957	88.66
STRATO 3 - ADDENSATO	40.99	0.60-1.80	40.99	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.50	0.00-0.60	13.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30.86
STRATO 3 - ADDENSATO	40.99	0.60-1.80	40.99	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	38.71

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.50	0.00-0.60	13.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	244.60
STRATO 3 - ADDENSATO	40.99	0.60-1.80	40.99	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	568.98

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.50	0.00-0.60	13.50	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	40.99	0.60-1.80	40.99	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.50	0.00-0.60	13.50	Terzaghi-Peck 1948	1.52
STRATO 3 - ADDENSATO	40.99	0.60-1.80	40.99	Terzaghi-Peck 1948	1.79

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.50	0.00-0.60	13.50	Terzaghi-Peck 1948	1.95
STRATO 3 - ADDENSATO	40.99	0.60-1.80	40.99	Terzaghi-Peck 1948	2.11

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.50	0.00-0.60	13.50	(A.G.I.)	0.33
STRATO 3 - ADDENSATO	40.99	0.60-1.80	40.99	(A.G.I.)	0.27

PROVA scpt4

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 1.80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	18	0.803	117.86	146.83
0.60	10	0.847	64.04	75.61
0.90	11	0.842	69.99	83.17
1.20	18	0.786	107.00	136.09
1.50	33	0.681	158.37	232.49
1.80	100	0.626	441.26	704.52

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	110.42	Incoerente	2.09	2.01	1.5	21.38	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
1.8	232.49	Incoerente	2.28	2.17	1.5	49.5	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt4

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	21.38	0.00-1.20	21.38	Meyerhof 1957	100
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	1.20-1.80	49.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	21.38	0.00-1.20	21.38	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	33.11
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	1.20-1.80	49.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	41.14

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	21.38	0.00-1.20	21.38	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	337.58
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	1.20-1.80	49.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	669.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	21.38	0.00-1.20	21.38	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	1.20-1.80	49.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	21.38	0.00-1.20	21.38	Terzaghi-Peck 1948	1.61
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	1.20-1.80	49.50	Terzaghi-Peck 1948	1.85

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	21.38	0.00-1.20	21.38	Terzaghi-Peck 1948	2.00
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	1.20-1.80	49.50	Terzaghi-Peck 1948	2.15

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	21.38	0.00-1.20	21.38	(A.G.I.)	0.31
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	1.20-1.80	49.50	(A.G.I.)	0.25

PROVA scpt5

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 3.60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	2	0.853	13.91	16.31
0.60	3	0.847	19.21	22.68
0.90	4	0.842	25.45	30.24
1.20	4	0.836	25.29	30.24
1.50	3	0.831	17.57	21.14
1.80	7	0.826	40.75	49.32
2.10	11	0.822	63.68	77.50
2.40	9	0.817	51.81	63.41
2.70	8	0.813	42.89	52.76
3.00	15	0.759	75.06	98.93
3.30	31	0.655	133.86	204.46
3.60	100	0.601	372.54	619.99

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.5	24.12	Incoerente	1.57	1.89	1.5	4.8	STRATO 1 - POCO ADDENSATO
3	68.38	Incoerente	1.95	1.97	1.5	15	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
3.6	204.46	Incoerente	2.26	2.16	1.5	46.5	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt5

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	4.80	0.00-1.50	4.80	Meyerhof 1957	50.88
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	15.00	1.50-3.00	15.00	Meyerhof 1957	78.2
STRATO 3 - ADDENSATO	46.50	3.00-3.60	46.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	4.80	0.00-1.50	4.80	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	28.37
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	15.00	1.50-3.00	15.00	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	31.29
STRATO 3 - ADDENSATO	46.50	3.00-3.60	46.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	40.29

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	4.80	0.00-1.50	4.80	Schultze-Menzenbach Sabbia media	97.00
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	15.00	1.50-3.00	15.00	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	262.30
STRATO 3 - ADDENSATO	46.50	3.00-3.60	46.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	634.00

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	4.80	0.00-1.50	4.80	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	15.00	1.50-3.00	15.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	46.50	3.00-3.60	46.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	4.80	0.00-1.50	4.80	Terzaghi-Peck 1948	1.41
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	15.00	1.50-3.00	15.00	Terzaghi-Peck 1948	1.54
STRATO 3 - ADDENSATO	46.50	3.00-3.60	46.50	Terzaghi-Peck 1948	1.83

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	4.80	0.00-1.50	4.80	Terzaghi-Peck 1948	1.88
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	15.00	1.50-3.00	15.00	Terzaghi-Peck 1948	1.96
STRATO 3 - ADDENSATO	46.50	3.00-3.60	46.50	Terzaghi-Peck 1948	2.14

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	4.80	0.00-1.50	4.80	(A.G.I.)	0.34
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	15.00	1.50-3.00	15.00	(A.G.I.)	0.32
STRATO 3 - ADDENSATO	46.50	3.00-3.60	46.50	(A.G.I.)	0.26

PROVA scpt6

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 3.90 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	3	0.853	20.87	24.47
0.60	3	0.847	19.21	22.68
0.90	4	0.842	25.45	30.24
1.20	2	0.836	12.65	15.12
1.50	5	0.831	29.28	35.23
1.80	6	0.826	34.93	42.27
2.10	8	0.822	46.31	56.36
2.40	12	0.817	69.08	84.54
2.70	11	0.813	58.97	72.55
3.00	8	0.809	42.67	52.76
3.30	15	0.755	74.66	98.93
3.60	33	0.651	133.17	204.60
3.90	100	0.597	370.26	619.99

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.8	28.34	Incoerente	1.62	1.9	1.5	5.74	STRATO 1 - POCO ADDENSATO
3.3	73.03	Incoerente	1.98	1.98	1.5	16.2	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
3.9	204.6	Incoerente	2.28	2.17	1.5	49.5	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt6

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-1.80	5.74	Meyerhof 1957	54.71
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	16.20	1.80-3.30	16.20	Meyerhof 1957	79.16
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	3.30-3.90	49.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-1.80	5.74	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	28.64
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	16.20	1.80-3.30	16.20	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	31.63
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	3.30-3.90	49.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	41.14

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-1.80	5.74	Schultze-Menzenbach Sabbia media	101.23
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	16.20	1.80-3.30	16.20	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	276.46
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	3.30-3.90	49.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	669.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-1.80	5.74	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	16.20	1.80-3.30	16.20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	3.30-3.90	49.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-1.80	5.74	Terzaghi-Peck 1948	1.42
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	16.20	1.80-3.30	16.20	Terzaghi-Peck 1948	1.55
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	3.30-3.90	49.50	Terzaghi-Peck 1948	1.85

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-1.80	5.74	Terzaghi-Peck 1948	1.89
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	16.20	1.80-3.30	16.20	Terzaghi-Peck 1948	1.97
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	3.30-3.90	49.50	Terzaghi-Peck 1948	2.15

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 1 - POCO ADDENSATO	5.74	0.00-1.80	5.74	(A.G.I.)	0.34
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	16.20	1.80-3.30	16.20	(A.G.I.)	0.32
STRATO 3 - ADDENSATO	49.50	3.30-3.90	49.50	(A.G.I.)	0.25

PROVA scpt7

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 4.20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	34	0.703	194.89	277.35
0.60	16	0.797	96.41	120.97
0.90	10	0.842	63.63	75.61
1.20	16	0.786	95.11	120.97
1.50	9	0.831	52.70	63.41
1.80	21	0.726	107.46	147.95
2.10	18	0.772	97.86	126.81
2.40	24	0.717	121.26	169.09
2.70	17	0.763	85.53	112.12
3.00	15	0.759	75.06	98.93
3.30	19	0.755	94.58	125.32
3.60	27	0.701	117.32	167.40
3.90	48	0.597	177.73	297.59
4.20	100	0.594	368.09	619.99

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.3	105.52	0	2.1	2.02	1.5	22.5	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
4.2	232.5	0	2.36	2.19	1.5	56.25	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt7

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	22.50	0.00-3.30	22.50	Meyerhof 1957	97.37
STRATO 3 - ADDENSATO	56.25	3.30-4.20	56.25	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	22.50	0.00-3.30	22.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	33.43
	56.25	3.30-4.20	56.25	Peck-Hanson-	43.07

STRATO 3 - ADDENSATO				Thornburn-Meyerhof (1956)	

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	22.50	0.00-3.30	22.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	350.80
STRATO 3 - ADDENSATO	56.25	3.30-4.20	56.25	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	749.05

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	22.50	0.00-3.30	22.50	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	56.25	3.30-4.20	56.25	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	22.50	0.00-3.30	22.50	Terzaghi-Peck 1948	1.62
STRATO 3 - ADDENSATO	56.25	3.30-4.20	56.25	Terzaghi-Peck 1948	1.89

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	22.50	0.00-3.30	22.50	Terzaghi-Peck 1948	2.01
STRATO 3 - ADDENSATO	56.25	3.30-4.20	56.25	Terzaghi-Peck 1948	2.17

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	22.50	0.00-3.30	22.50	(A.G.I.)	0.31
STRATO 3 - ADDENSATO	56.25	3.30-4.20	56.25	(A.G.I.)	0.24

PROVA scpt8

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 2.70 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	21	0.753	128.94	171.31
0.60	14	0.797	84.36	105.85
0.90	6	0.842	38.18	45.36
1.20	3	0.836	18.97	22.68
1.50	4	0.831	23.42	28.18
1.80	7	0.826	40.75	49.32
2.10	7	0.822	40.52	49.32
2.40	23	0.717	116.21	162.04
2.70	100	0.613	404.19	659.56

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.1	67.43	Incoerente	1.9	1.95	1.5	13.29	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
2.7	162.04	Incoerente	2.21	2.11	1.5	34.5	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt8

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.10	13.29	Meyerhof 1957	80.72
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.10-2.70	34.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.10	13.29	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	30.8
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.10-2.70	34.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	36.86

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.10	13.29	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	242.12
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.10-2.70	34.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	492.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.10	13.29	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.10-2.70	34.50	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.10	13.29	Terzaghi-Peck 1948	1.52
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.10-2.70	34.50	Terzaghi-Peck 1948	1.74

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.10	13.29	Terzaghi-Peck 1948	1.95
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.10-2.70	34.50	Terzaghi-Peck 1948	2.08

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.10	13.29	(A.G.I.)	0.33
STRATO 3 - ADDENSATO	34.50	2.10-2.70	34.50	(A.G.I.)	0.29

PROVA scpt9

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 3.30 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	6	0.853	41.73	48.94
0.60	31	0.697	163.36	234.38
0.90	23	0.742	128.95	173.89
1.20	14	0.786	83.23	105.85
1.50	7	0.831	40.99	49.32
1.80	5	0.826	29.11	35.23
2.10	2	0.822	11.58	14.09
2.40	9	0.817	51.81	63.41
2.70	19	0.763	95.59	125.32
3.00	47	0.609	188.68	309.99
3.30	100	0.605	398.83	659.56

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.7	63.16	Incoerente	1.9	1.95	1.5	13.29	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
3.3	309.99	Incoerente	2.5	2.22	1.5	70.5	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt9

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.70	13.29	Meyerhof 1957	78.28
STRATO 3 - ADDESNATO	70.50	2.70-3.30	70.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.70	13.29	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	30.8
STRATO 3 - ADDESNATO	70.50	2.70-3.30	70.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	47.14

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.70	13.29	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	242.12
STRATO 3 - ADDESNATO	70.50	2.70-3.30	70.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	917.20

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.70	13.29	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDESNATO	70.50	2.70-3.30	70.50	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.70	13.29	Terzaghi-Peck 1948	1.52
STRATO 3 - ADDESNATO	70.50	2.70-3.30	70.50	Terzaghi-Peck 1948	1.94

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.70	13.29	Terzaghi-Peck 1948	1.95
STRATO 3 - ADDESNATO	70.50	2.70-3.30	70.50	Terzaghi-Peck 1948	2.21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	13.29	0.00-2.70	13.29	(A.G.I.)	0.33
STRATO 3 - ADDESNATO	70.50	2.70-3.30	70.50	(A.G.I.)	0.21

PROVA scpt10

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 2.40 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	25	0.753	153.50	203.94
0.60	51	0.647	249.48	385.59
0.90	19	0.792	113.71	143.65
1.20	9	0.836	56.90	68.05
1.50	8	0.831	46.85	56.36
1.80	28	0.726	143.28	197.27
2.10	50	0.622	218.98	352.26
2.40	100	0.617	434.79	704.52

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.5	89.35	Incoerente	2.02	1.99	1.5	18	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
2.4	274.76	Incoerente	2.4	2.19	1.5	58.5	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt10

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	18.00	0.00-1.50	18.00	Meyerhof 1957	96.55
STRATO 3 - ADDENSATO	58.50	1.50-2.40	58.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	18.00	0.00-1.50	18.00	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	32.14
STRATO 3 - ADDENSATO	58.50	1.50-2.40	58.50	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	43.71

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	18.00	0.00-1.50	18.00	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	297.70
STRATO 3 - ADDENSATO	58.50	1.50-2.40	58.50	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	775.60

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	18.00	0.00-1.50	18.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	58.50	1.50-2.40	58.50	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	18.00	0.00-1.50	18.00	Terzaghi-Peck 1948	1.57
STRATO 3 - ADDENSATO	58.50	1.50-2.40	58.50	Terzaghi-Peck 1948	1.90

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	18.00	0.00-1.50	18.00	Terzaghi-Peck 1948	1.98
STRATO 3 - ADDENSATO	58.50	1.50-2.40	58.50	Terzaghi-Peck 1948	2.18

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	18.00	0.00-1.50	18.00	(A.G.I.)	0.32
STRATO 3 - ADDENSATO	58.50	1.50-2.40	58.50	(A.G.I.)	0.24

PROVA scpt11

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 25-02-2025
Profondita' prova 3.00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	4	0.853	27.82	32.63
0.60	36	0.697	189.71	272.18
0.90	25	0.742	140.16	189.02
1.20	11	0.836	69.55	83.17
1.50	7	0.831	40.99	49.32
1.80	9	0.826	52.39	63.41
2.10	8	0.822	46.31	56.36
2.40	33	0.667	155.11	232.49
2.70	58	0.613	234.43	382.54
3.00	100	0.609	401.46	659.56

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.1	56.98	Incoerente	1.85	1.94	1.5	11.7	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
3	307.52	Incoerente	2.5	2.22	1.5	68.25	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt11

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	11.70	0.00-2.10	11.70	Meyerhof 1957	75.96
STRATO 3 - ADDENSATO	68.25	2.10-3.00	68.25	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	11.70	0.00-2.10	11.70	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	30.34
STRATO 3 - ADDENSATO	68.25	2.10-3.00	68.25	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	46.5

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	11.70	0.00-2.10	11.70	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	223.36
STRATO 3 - ADDENSATO	68.25	2.10-3.00	68.25	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	890.65

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	11.70	0.00-2.10	11.70	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	68.25	2.10-3.00	68.25	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	11.70	0.00-2.10	11.70	Terzaghi-Peck 1948	1.50
STRATO 3 - ADDENSATO	68.25	2.10-3.00	68.25	Terzaghi-Peck 1948	1.94

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	11.70	0.00-2.10	11.70	Terzaghi-Peck 1948	1.93
STRATO 3 - ADDENSATO	68.25	2.10-3.00	68.25	Terzaghi-Peck 1948	2.20

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	11.70	0.00-2.10	11.70	(A.G.I.)	0.33
STRATO 3 - ADDENSATO	68.25	2.10-3.00	68.25	(A.G.I.)	0.22

PROVA scpt12

Strumento utilizzato SCPT TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24-02-2025
Profondita' prova 3.30 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0.30	10	0.853	69.56	81.57
0.60	21	0.747	118.60	158.77
0.90	21	0.742	117.74	158.77
1.20	17	0.786	101.06	128.53
1.50	9	0.831	52.70	63.41
1.80	5	0.826	29.11	35.23
2.10	5	0.822	28.94	35.23
2.40	6	0.817	34.54	42.27
2.70	21	0.713	98.73	138.51
3.00	47	0.609	188.68	309.99
3.30	100	0.605	398.83	659.56

Prof. Strato (m)	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.4	87.97	Incoerente	2.02	1.99	1.5	17.62	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
3.3	224.25	Incoerente	2.3	2.17	1.5	51	STRATO 3 - ADDENSATO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA scpt12

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	17.62	0.00-2.40	17.62	Meyerhof 1957	90.8
STRATO 3 - ADDENSATO	51.00	2.40-3.30	51.00	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	17.62	0.00-2.40	17.62	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	32.03
STRATO 3 - ADDENSATO	51.00	2.40-3.30	51.00	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	41.57

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	17.62	0.00-2.40	17.62	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	293.22
STRATO 3 - ADDENSATO	51.00	2.40-3.30	51.00	Schultze-Menzenbach Sabbia ghiaiosa	687.10

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	17.62	0.00-2.40	17.62	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
STRATO 3 - ADDENSATO	51.00	2.40-3.30	51.00	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	17.62	0.00-2.40	17.62	Terzaghi-Peck 1948	1.57
STRATO 3 - ADDENSATO	51.00	2.40-3.30	51.00	Terzaghi-Peck 1948	1.86

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	17.62	0.00-2.40	17.62	Terzaghi-Peck 1948	1.98
STRATO 3 - ADDENSATO	51.00	2.40-3.30	51.00	Terzaghi-Peck 1948	2.16

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO	17.62	0.00-2.40	17.62	(A.G.I.)	0.32
STRATO 3 - ADDENSATO	51.00	2.40-3.30	51.00	(A.G.I.)	0.25

MODELLO VALIDO PER
EDIFICIO 1 (“EX FALEGNAMI”) E EDIFICIO 3 (“MAGAZZINO”)

Valori caratteristici del terreno

Strato n. 1

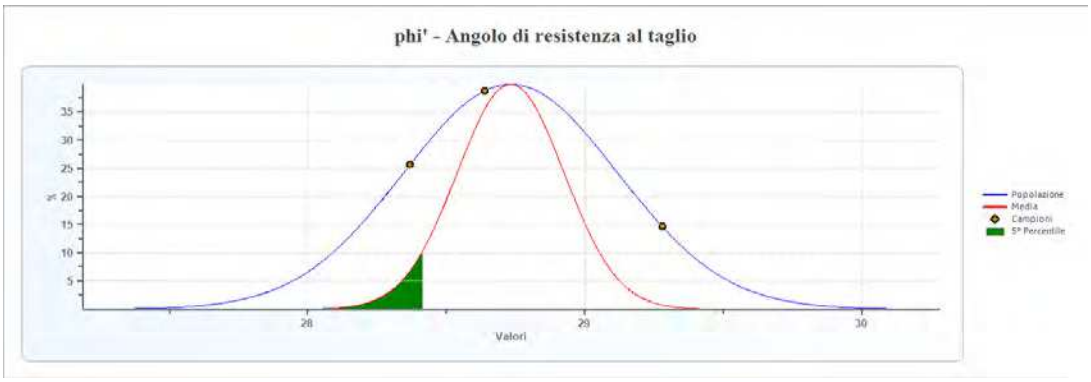
Descrizione	STRATO 1 - POCO ADDENSATO
Spessore [m]	2,40

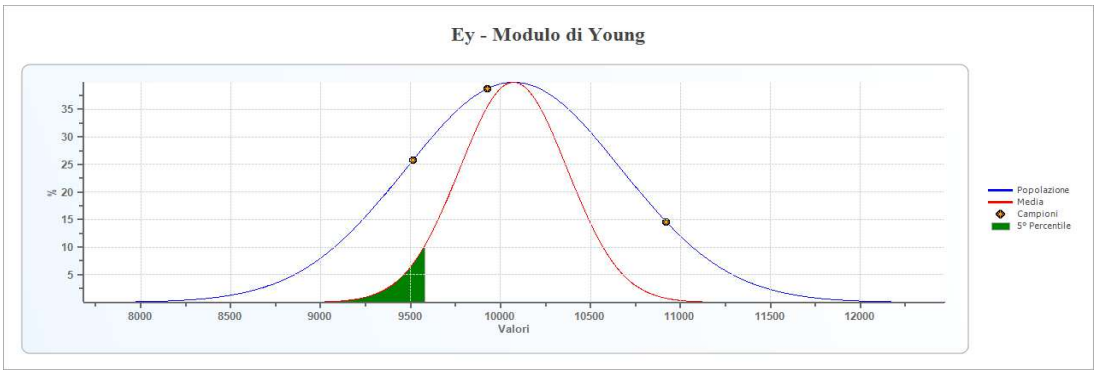
Elenco delle misure

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
1	28,64	9927,27
2	29,28	10919,71
3	28,37	9512,45
4	28,64	9927,27

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	28,41	9579,64
Minimo	28,37	9512,45
Massimo	29,28	10919,71
Valore medio	28,73	10071,67
Varianza	0,15	357864,05
Dev. St.	0,19	299,11
Dev. St. Med.	0,19	299,11
Percentile	(5°) 28,10	(5°) 9087,61
percentile media	(5°) 28,41	(5°) 9579,64
C.O.V.	0,01	0,06





Strato n. 2

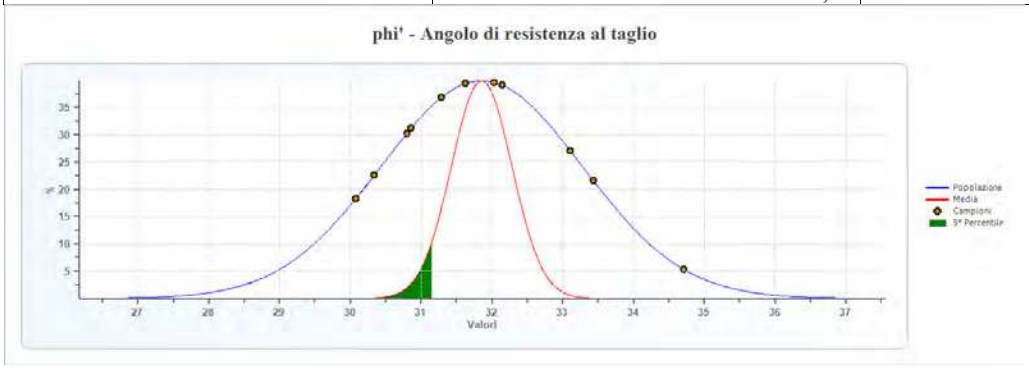
Descrizione	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
Spessore [m]	1,2

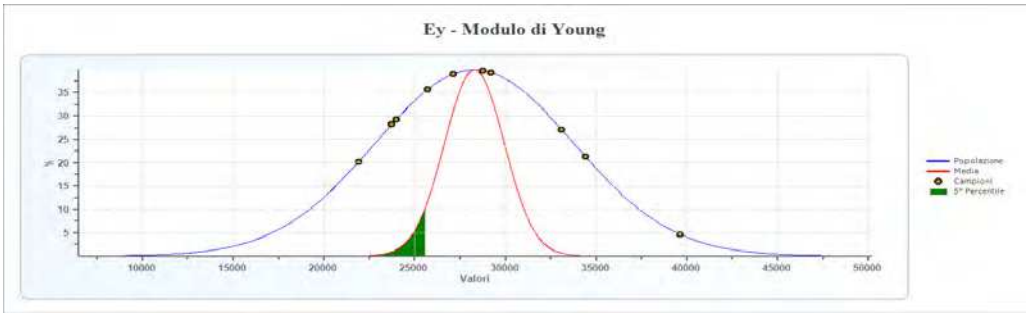
Elenco delle misure

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
1	34,71	39609,06
2	30,86	23987,07
3	33,11	33105,29
4	31,29	25722,84
5	31,63	27111,46
6	33,43	34401,73
7	30,08	23743,86
8	30,80	23743,86
9	32,14	29194,40
10	30,34	21904,13
11	32,03	28755,06

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	31,15	25589,13
Minimo	30,08	21904,13
Massimo	34,71	39609,06
Valore medio	31,86	28298,07
Varianza	2,02	29830332,13
Dev. St.	0,43	1646,77
Dev. St. Med.	0,43	1646,77
Percentile	(5°) 29,52	(5°) 19313,55
percentile media	(5°) 31,15	(5°) 25589,13
C.O.V.	0,04	0,19





Strato n. 3

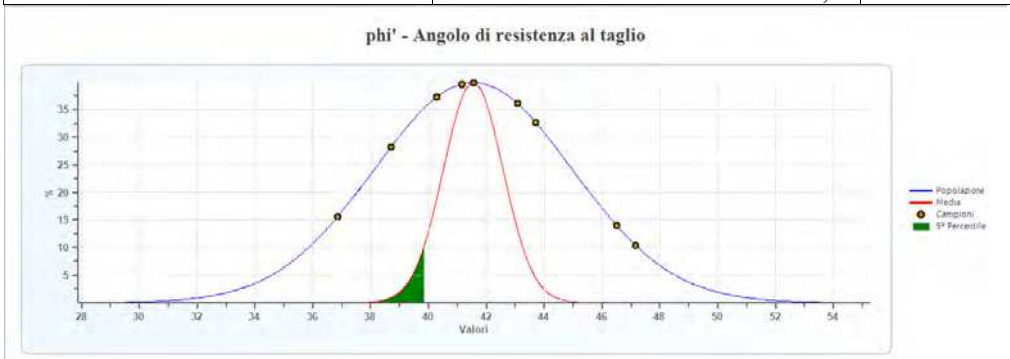
Descrizione	STRATO 3 - ADDENSATO
Spessore [m]	>7,40

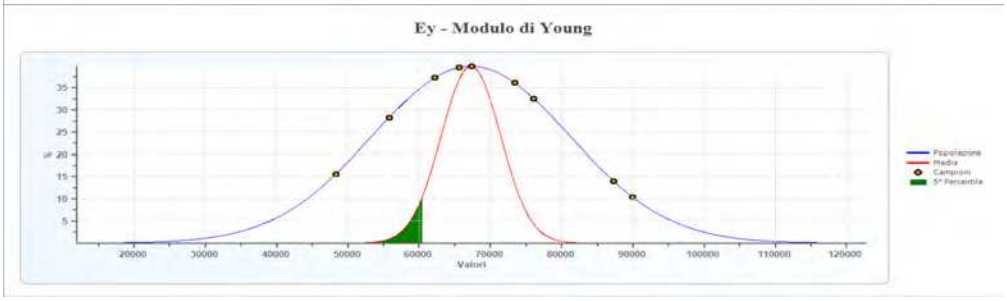
Elenco delle misure

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
1	36,86	48287,95
2	38,71	55797,88
3	41,14	65645,72
4	40,29	62174,16
5	41,14	65645,72
6	43,07	73456,71
7	36,86	48287,95
8	47,17	89946,59
9	43,71	76060,38
10	46,50	87342,93
11	41,57	67381,49

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	39,85	60409,44
Minimo	36,86	48287,95
Massimo	47,17	89946,59
Valore medio	41,55	67275,22
Varianza	11,70	191619915,11
Dev. St.	1,03	4173,73
Dev. St. Med.	1,03	4173,73
Percentile	(5°) 35,92	(5°) 44504,01
percentile media	(5°) 39,85	(5°) 60409,44
C.O.V.	0,08	0,21





MODELLO VALIDO PER
EDIFICIO 2 (“VILLA”) E EDIFICIO 4 (“EDIFICIO EX MARINE”)

Valori caratteristici del terreno

Strato n. 2

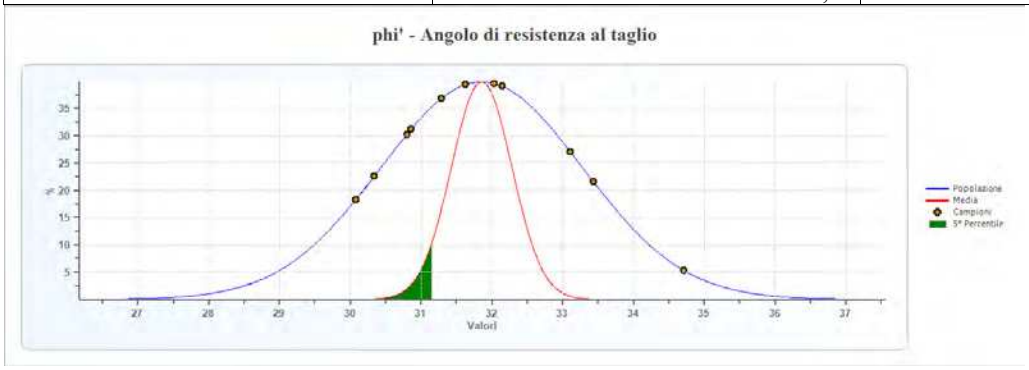
Descrizione	STRATO 2 - MODERATAMENTE ADDENSATO
Spessore [m]	3

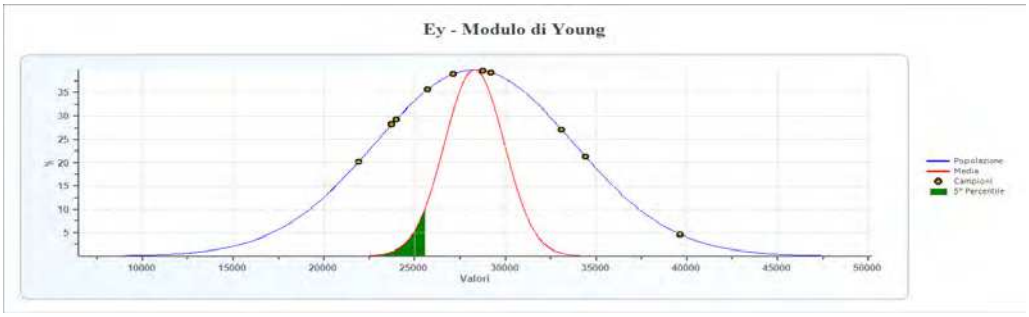
Elenco delle misure

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
1	34,71	39609,06
2	30,86	23987,07
3	33,11	33105,29
4	31,29	25722,84
5	31,63	27111,46
6	33,43	34401,73
7	30,08	23743,86
8	30,80	23743,86
9	32,14	29194,40
10	30,34	21904,13
11	32,03	28755,06

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	31,15	25589,13
Minimo	30,08	21904,13
Massimo	34,71	39609,06
Valore medio	31,86	28298,07
Varianza	2,02	29830332,13
Dev. St.	0,43	1646,77
Dev. St. Med.	0,43	1646,77
Percentile	(5°) 29,52	(5°) 19313,55
percentile media	(5°) 31,15	(5°) 25589,13
C.O.V.	0,04	0,19



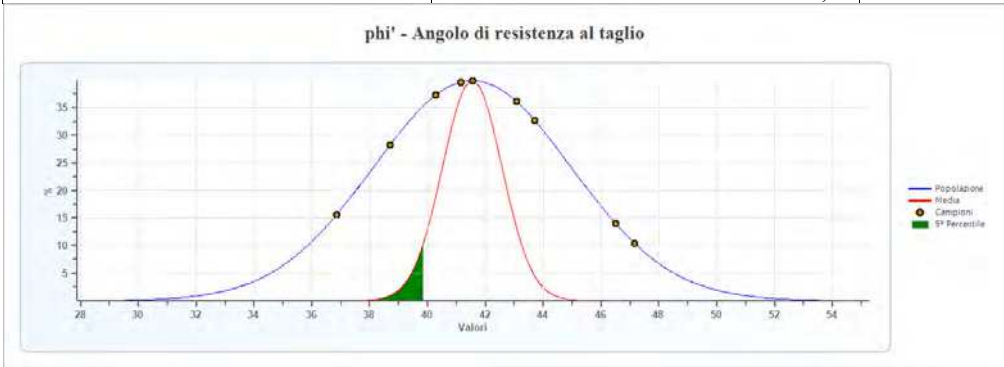
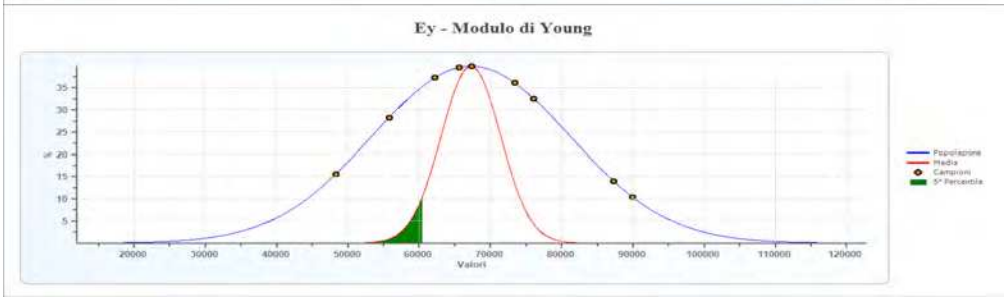


Strato n. 3

Descrizione	STRATO 3 - ADDENSATO
Spessore [m]	>12

Elenco delle misure

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
1	36,86	48287,95
2	38,71	55797,88
3	41,14	65645,72
4	40,29	62174,16
5	41,14	65645,72
6	43,07	73456,71
7	36,86	48287,95
8	47,17	89946,59
9	43,71	76060,38
10	46,50	87342,93
11	41,57	67381,49

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di Young [kN/mq]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	39,85	60409,44
Minimo	36,86	48287,95
Massimo	47,17	89946,59
Valore medio	41,55	67275,22
Varianza	11,70	191619915,11
Dev. St.	1,03	4173,73
Dev. St. Med.	1,03	4173,73
Percentile	(5°) 35,92	(5°) 44504,01
percentile media	(5°) 39,85	(5°) 60409,44
C.O.V.	0,08	0,21